سير جيمس جينز

SIR JAMES JEANS
A., D SC., SC.D, LL.D, F.R.S.

الكون الغامض

ترجمة

عبدالحميد مرسي

مراجعة

د. علي مصطفى مشرفة

الكتاب: الكون الغامض

الكاتب: سير جيمس جينز

ترجمة: عبدالحميد مرسي

مراجعة: د. علي مصطفى مشرفة

الطبعة: ٢٠٢٠

صدرت الطبعة الأولى عام ١٩٤٢

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

جينز ، سير جيمس

الكون الغامض/ سير جيمس جينز، ترجمة : عبدالحميد مرسي، مراجعة: د. علي مصطفى مشرفة .. – الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٢٢٧ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ٣ – ٣٢ – ٦٨١٨– ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٧٥٣٤ / ٢٠٢٠

الكون الغامض





مقدمة المترجم

ولد السير جيمس جينز بلندن في عام ١٨٧٧، وتخرج في جامعة كمبردج بكلية ترنتي Trinity College، ومنح زمالة هذه الكلية في عام ١٩٠١، ثم عين مدرساً بجامعة كمبردج فأستاذاً بجامعة برنستون Princeton University بأمريكا في عام ١٩٠٥، فهو إذن أستاذ وعالم بحكم عمله ونشأته. وهو فوق ذلك قريحة من خيرة القرائح في عصرنا الحالي، أغنى العلم بما أضافه إليه في ديناميكة الغازات وفي النظرية الرياضية للكهرباء والمغنطيسية، وفي تطور النجوم وطبائعها. وقد كان الأستاذ جينز رئيساً للجميعة الفلكية الملكية (١٩٢٥–١٩٢٧) وسكرتيراً للجمعية الملكية بلندن (١٩١٩– ١٩٢٩) ومنح جوائز وأنواطاً متعددة كما منحته الدولة لقب سير أعترافاً بعلمه وفضله.

فإذا كتب الأستاذ جينز في العلوم الطبيعية والرياضية، أو تحدث عن علم الفلك، فهو يكتب ويتحدث بوصفه عالماً مطلعاً وقف على ما وصلت إلبه هذه العلوم، وأشترك في تقدمها، إلا أنه لا يكفي أن يكون الإنسان عالماً مبرراً لكي يستطيع أن يبسط العلم للناس، ذلك بأن تبسيط العلوم يحتاج إلى مواهب خاصة لا تتوافر عادة عند معظم العلماء المبرزي،، ولعل السير جيمس جينز أكثر العلماء الإنجليز نجاحاً وتوفيقاً في التأليف العلمي المبسط، فإن كتبه التي ألفها قي تبسيط العلوم قد أنتشرت أنتشاراً عظيماً من قراء اللغة الإنجليزية في أنحاء العالم كما ترجمت إلى أكثر اللغات الحية.

ومن هذه المؤلفات كتاب "الكون الغامض" (The Mysterious Universe) الذي أقدم الآن ترجمته العربية إلى القراء، وقد طبع هذا الكتاب لأول مرة في عام ١٩٣٠. وما جاء عام ١٩٤٠ حتى كان قد أعيد طبعه للمرة الثامنة عشرة، وقد نقح المؤلف الكتاب وعدّل فيه، فحذف منه وأضاف إليه، وغير من عباراته، ليجعل متفقاً مع ما كشف عنه العلم الحديث من آراء جديدة، وليجعل موضوعاته أكثر وضوحاً وأقرب إلى عقل القاريء. ويتألف الكتاب من خمسة فصول: في الشمس وما يتصل بها من حياة أو موت، وفي الكون على ضوء علم الطبيعة الحديث، وفي المادة والإشعاع، وفي الجاذبية والأثير، وفي بحوث فلسفية أخرى.

وقد يظن القاريء حين يقرأ رءوس هذه الموضوعات أن فيها عمقاً وصعوبة، ولكنه لا شك واجد في أسلوب المؤلف وطريقة عرضه لها من اليسر والوضوح ما يقر بها إليه، وما يغريه بالأسترسال في قراءة غير هذا الكتاب مما ألف في العلوم الطبيعية الحديثة. ويعد هذا الكتاب بحق من كتب "الأدب العلمي" الذي أستحدثه بعض علماء الغرب الممتازين ليرقوا بالثقافة الشعبية عن طريقه، وليستفيد منه الجمهور. ولقد ساهمت دور النشر في الغرب في نشر هذا "الأدب العلمي" فقدمت إلى الناس طبعات مختلفة زهيدة الثمن من مؤلفات كبار العلماء في هذا النوع من الأدب الجديد ليسهل أقتناؤها وتعم فائدتها، ولسنا نجد مع الأسف الشديد مثل هذه الجهود في اللغة العربية، بل إن حظها منها ضئيل أو معدوم.

وقد أخذ المؤلف نفسه بأسلوب البحث العلمي الخالص، فهو يعرض على القارىء آراء مختلفة في المسألة الواحدة، من غير أن يرجح رأياً على رأي، أو يفرض على القارىء رأياً بذاته، أو يصدر حكماً له في مسألة من المسائل، بل يكتفي بهذا العرض، ويترك القارىء حراً يستخلص لنفسه ما يشاء من النتائج ويكوّن له فيها رأياً مستقلاً، وهذا واضح كل الوضوح من قوله في مقدمة كتابه "فلكل إنسان الحق في أن يستنبط النتائج التي يرى أستنباطها من الحقائق التي يعرضها العلم الحديث" ومن قوله الذي يختتم به هذا الكتاب "إن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام، ذلك أن نهر المعرفة كثيراً ما ألتوى على نفسه" فإذا ما خرج السير جينز عن هذه القاعدة، فعرض رأياً خاصاً له في مسألة من المسائل، فإنه يدعو القارىء ألا يتقيد به وأن يأخذ في تلك المسألة بالرأي الذي يرتضيه لنفسه وإن خالف رأيه هو وعارضه، وحسبنا دليلا على ذلك قوله في مقدمة الكتاب "وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت وهذا هو الغرض الذي كتبته من أجله".

هذه هي القواعد العلمية الثلاث التي بنى عليها الكاتب أسلوب بحثه العلمي وحدّد بها معالمه ثم سار عليها في كتابه، فهو يكتفي بأن يعرض فيه شريطاً سينمياً عن الكون وما يتصل به من ظواهر طبيعية عرضاً يلذ للقارىء متابعته في غير عناء أو إرهاق، وينتقل به من صورة إلى صورة كما ينتقل مشاهد السينما من منظر إلى منظر، وهو فوق ذلك شريط رسمته يد مصور بارع يعرف كل صغيرة وكبيرة في موضوع بحثه.

وهذه ترجمة عربية لهذا الكتاب، لا تختلف عن الأصل الإنجليزي ، إلا فيما أقتضته أصول الترجمة من التصرف، الذي يتطلبه أسلوب اللغة العربية. وأرجو أن أكون قد وفقت في هذه المهمة، وأن ينتفع بها قراء اللغة العربية الذين قد لا تتاح لهم الفرصة لقراءة الأصل الإنجليزي. ولقد أورد المؤلف في كتابه ما رأيت أنه في حاجة إلى تعليق تتم به الفائدة المرجوة من هذه الترجمة العربية، كما أورد أسماء طائفة كبيرة من الثقات في العلم والفلسفة والأدب، فأثبت هذه الأسماء بالإنجليزية في أسفل الصفحات التي وردت فيها، ثم ذيلت الكتاب بدليلين أحدهما برءوس الموضوعات والآخر بأسماء العلماء، ليسهل على القاريء الأطلاع على موضوع خاص يريد الأطلاع عليه أو على رأي لأحد العلماء يرغب أن يتبينه، كذلك رأيت إتمام للفائدة أن أديل الكتاب بما ورد فيه من المصطلحات العلمية، مرتبة حسب ترجمتها العربية أولاً ثم حسب أصلخا الإنجليزي ثانياً، ليزيد بذلك نفعه وتعم فائدته،

عبدالحميد مرسي

مقدمة المؤلف

في هذا الكتاب بسط لمحاصر ريد [١] (Red Lecture) التي ألقيتها في جامعة كمبردج في نوفمبر من عام ١٩٣٠ من الاعتقادات الشائعة أن التعاليم الجديدة في الفلك والعلوم الطبيعية لابد أن تحدث أنقلاباً كبيراً في نظرتنا إلى الكون كله، وفي آرائنا عن معنى الحياة البشرية. وذلك في الحقيقة بحث من الأبحاث الفلسفية؛ ولكن قبل أن يحق للفلاسفة أن يتكملوا يجب أن يطلب إلى العلم أن يدلي بكل ما يستطيع الإدلاء به من حقائق مؤكدة وفروض مؤقتة؛ عندئذ، وعندئذ فقط، يمكن من غير حرج أن ينتقل البحث إلى نطاق الفلسفة.

وقد أقدمت على تأليف هذا التكاب متأثراً بشمل هذه الآراء؛ وكثيراً ما خالجتني الشكوك فلم أدر هل يحق لي أن أضيف شيئاً إلى الكثير الذي كتب في هذا الموضوع. ولا أستطيع أن أعزو لنفسي مؤهلات خاصة أكثر مما هو معروف عن الميزة التي تتاح لكل من يقصر عمله على المشاهدة؛ فلست فيلسوفاً بتجاربي ولا بميلولي، وقد بقيت جهودي العلمية سنوات كثيرة خارج ميدان الفروض الطبيعية المتضاربة.

ويجد القاريء في الأربعة الفصول الأولى التي تكوّن أهم أجزاء

---

[١] نلقي محاضرات تذكارية كل عام بأسم أفراد من النوابع يراد تخليد ذكراهم، منها هذه المحاضرة ومحاضرة ابن الهيثم التذكارية التي تلقي في كلية الهندسة بجامعة فؤاد الأول تخليداً لذكراه.

الكتاب أبحاثاً مختصرة، بعيدة كل البعد عن التفاصيل، في موضوعات علمية، يخيل إليّ أنها من النوع الذي يثير الأهتمام، والذي يزودنا بمادة تصلح لأن تكون أساساً للبحث في المسائل الفلسفية النهائية. ولقد تحاشيت بقدر المستطاع أن أكررها ما قلته في كتاب لي قبل هذا، وهو كتاب "الكون الذي حولنا" (The Universe Around US.) لأني أرجو أن يقرأ كتابي هذا على أنه حلقة متممة لكتابي السابق، ويستثني من هذا ما أحتواه هذا الكتاب من المادة التي يستلزمها البحث الرئيسي؛ وذلك لكي يصير مستقلاً بنفسه.

ويختلف الفصل الأخير عن سائر فصول الكتاب، ذلك أن من حق كل إنسان أن يستنبط النتائج التي يرى أستنباطها من الحقائق التي يعرضها العلم الحديث. وقد أثبت في هذا الفصل الآراء التي أميل أنا، البعيد عن ميادين الفكر الفلسفي، إلى أن أفسر بها الحقائق العلمية والفروض التي بحثتها في الفصوب الرئيسية من الكتاب، وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت، وهذا هو الغرض الذي كتبته من أجله،

ج. هـ. جينز

دور كنج سنة ١٩٣٠

ولقد حاولت عند إعداد الطبعة الثانية أن أرقى بالمادة اللعلمية في الأربعة الفصول الأولى إلى ما وصل إليه العلم في الوقت الحاضر، وأن أزيل كل ما في حججي من غموض. وقد وجدت، مع الأسف، أن بعض أجزاء من الكتاب في صيغته الأولى قد أشيء فهمها وتأويلها، بل

أقتباسها، بطرق مختلفة لم تكن في الحسبان؛ ولذلك محوت بعضها، وكتبت بعضها من جديد، وفصلت القول في غيرها تفصيلاً، ثم أضفت إلى الكتاب في مواضع منه متفرقة فقرات جديدة، وأحياناً صفحات كاملة لعلي أجعل البحث أكثر وضوحاً،

ج. هـ. جينز
دوركنج سنة ١٩٣١

"وقلت: والآن دعني أصور لك المدى الذي بلغته طبائعنا من العلم"

"أو الجهل: تأمل! الناس يعيشون في كهف تحت الأرض له باب يتجه".

"نحو الضوء، ويمتد بطول الكهف كله. في هذا الكهف عاش الناس".

"منذ طفولتهم، وقد شدّت أرجلهم وأعناقهم فلا يستطيعون حراكاً، ولا يرون إلا ما أمامهم، لأن السلاسل التي أوثقوا بها تمنعهم من أن يديروا رءوسهم، ومن فوقهم وورائهم نار تستعر من بعيد، وبين النار وهؤلاء السمجونين طريق مرتفع، فإذا نظرت إلى هذا الطريق، رأيت جداراً منخفضاً. ممتداً على طوله، كأنه الستار الذي يضعه لاعبو الدمى أمامهم ويظهرونها من فوقه".

"إني أرى ذلك".

"ثم قلت: وهل ترى الناس يسيرون على طول الجدار يحملون أوعية مختلفة الأنواع. وتماثيل وصور حيوانات مصنوعة من خشب وحجارة، ومواد أخرى مختلفة تظهر من فوق الجدار؟".

"لقد عرضت عليّ صورة غريبة، وما أغرب هؤلاء السجناء!".

"فقلت: إنهم مثلنا، لا يرون إلا ظلالهم، أو ظلالاً أخرى غير ظلالهم، تلقيها النار على الجدار المقابل لباب الكهف".

"قال: هذا حق؛ وكيف يستطيعون أن يروا غير الظلال إذا لم يسمح لهم أن يحركوا رءوسهم؟".

"أولا يرون من الأجسام التي تجمل بمثل هذه الطريقة إلا ظلالها؟"

"قال: بلى".

"فقلت له: إن الحقيقة ليست إلا ظلالا لصور، ولست أقول ذلك على سبيل المجاز؛ بل على سبيل الحقيقة".

(جمهورية أفلاطون– الكتاب السابع)

الفصل الأول

الشمس المحتضرة

من النجوم عدد قليل لا يكاد يكبر الأرض؛ ولكن أغلب النجوم كبير إلى حد يجعل من الممكن أن يجمع مئات الآلاف من الأرضين في أحدها، ثم يبقى فيه بعد ذلك متسع لغيرها. وقد يصادفنا أحياناً عملاق هائل من النجوم، يبلغ من الكبر حدا يتسع معه لأحتواء ملايين الملايين من الأرضين؛ وربما كان مجموع عدد النجوم التي في الون قريبا من مجموع عدد حبيبات الرمل التي تغطي شواطيء البحار في العالم كله. ألا ما أصغر شأن موطننا في الفضاء بالنسبة إلى سائر ما في الكون من مواد!.

وهذا الجمع العظيم الحاشد من النجوم يسبح في الفضاء، وفيه عدد قليل يكوّن مجموعات تسير مترافقة، ولكن أغلبها يجوب الآفاق منفرداً، في كون متسع الأرجاء أتساعاً يجعل أقتراب نجم من نجم آخر في أي مكان حادثاً نادراً يصعب تصوّر حدوثه؛ ولهذا نرى كلا منها يسبح منفرداً، في عظمة وجلال، كأنه سفينة تسبح في محيط لا تشاركها فيه سواها. وإذا مثلنا الكون بنموذج ذي مقياس رسم معين، تعرض فيه النجوم بحجم السفن، ان متوسط المسافة بين كل سفينة وأقرب جارة لها يزيد على مليون من الأميال، ولهذا سهل علينا أن نعرف لماذا بندر أن

تلتقي سفينة بأخرى، على مسافة تستطيعان منها أن تتبادلا التحية.

على أننا نعتقد، برغم هذا، أن ذلك الحدث النادر قد وقع منذ زمن يقرب من ألفين من ملايين السنين؛ فقد أتفق أن نجماً ثانياً كان يسبح على غير هدى في الفضاء، أقترب من جرم الشمس، فأثار هذا النجم الثاني مدوداً على سطح الشمس، تشبه ما تثيره الشمس والقمر على سطح الأرض من مدود؛ ولكنها كانت من غير شك أعظم من المدود التي تحدثها كتلة القمر في المحيطات؛ ولا بد أن موجة مد هائلة كانت قد أنتقلت فوق سطح الشمس حتى كوّنت في النهاية جبلاً هائل الأرتفاع، يزداد علوّاً كلما ازداد سبب الأضطراب قرباً. وقبل أن يأخذ النجم الثاني في الأرتداد عن شمسنا ازدادت قوة جذبه المدّى، حتى تحطمت هذا الجبل ومزقته، فتناثرت منه قطع صغيرة، كما يتناثر الرشاش من أعلى الموجة، وأخذت هذه القطع الصغيرة المتناثرة تدور حول أمها الشمس، وما زالت تدور حولها إلى الآن؛ وكان منها الكواكب، كبيرها وصغيرها، ومن بينها أرضنا.

والشمس وغيرها من النجوم التي نراها في السماء كلها شديدة الحرارة، مما يجعل وجود الحياة فيها أو أستقرارها أمراً متعذراً، وكذلك كانت من غير شك قطع الشمس عندما أنفصلت عنها أول الأمر، غير أنها أخذت تبرد تدريجاً حتى لم يبق فيها الآن سوى حرارة داخلية قليلة، وأصبحت تستمد كل حرارتها، إلا قليلاً، من إشعاع الشمس. وقد حدث مع مرور الزمن أن نشأت الحياة على إحدى هذه القطع الباردة، وإن كنا

لا نعرف سبب وجودها، ولا ندري كيف وجدت أو متى وجدت. وقد بدأت هذه الحياة في صورة كائنات أوّلية لا تكاد تزيد مقدرتها الحيوية على أن تتكاثر ثم يدركها الفناء؛ ولكن من هذه البدايات المتواضعة أنبثق تبع من الحياة، وأخذت تتقدم وتزداد تعقيداً، حتى أنتهت إلى هذه المخلوقات التي تركزت حياتها، حول عواطفها وأطماعها، وحول تذوّقها للجمال، وحول الأديان التي يتمثل فيها منتهى آمالها وأنبل أمانيها.

وأكبر الظن أن الإنسانية قد ظهرت في الوجود بمثل هذه الطريقة، وإن كنا لا نستطع أن نتحدث بهذا عن يقين. ونحن إذ نقف على أرضنا تلك الحبيبة الرمليية المتناهية فيي الصغر، نحاول أن نكشف عن طبيعة الكون الذي يحيط بمواطننا في الفضاء والزمن وعن الغرض من وجوده، نحّس في أول الأمر بما شبه الذعر والهلع. وكيف لا يكون الكون مخيفاً مرعباً وهذه أبعاده هائلة لا تسطيع عقولنا إدراك مداها، وقد مرت عليه أحقاب طويلة لا يمكن تصورها، ويتضاءل إلى جانبها تاريخ الإنسان حتى يبدو وكأنه لمح البصر؛ وهو مخيف مرعب لما نشعر به من وحدة مرهوبة، وما نعلمه من ضآلة موطننا في الفضاء، ذلك الموطن الذي لا يزيد على جزء من مليون جزء من إحدى حبيبات الرمال التي في بحار العالم. ولكن أخوف ما يخاف العالم من أجله أنه لا يعني، كما يلوح، بحياة مثل حياتنا. وكأن عواطفنا ومطامعنا وأعمالنا وفنوننا وأدياننا كلها غريبة عن نظامه وخطته. وقد يكون من الحق أن نقول إن بنيه وبين حياة كحياتنا عداء قوياً؛ ذلك بأن الفضاء في أكثر أجزائه بارد إلى حد تتجمد فيه كل أنواع الحياة؛ كما أن أكثر المادة التي في الفضاء تبلغ من الحرارة

حدّا يجعل الحياة فيه مستحيلة وأن الفضاء تذرعه إشعاعات مختلفة الأنواع لا تنفك تصدم ما فيه من أجرام فلكية؛ وقد يكون كثير من هذه الإشعاعات معادياً للحياة أو مبيداً لها.

هذا هو الكون الذي ألقت بنا فيه الظروف؛ وإذا لم يكن حقاً أن ظهورنا حدث بسبب غلطة وقعت فيه، فلا أقل من أن يكون نتيجة لما يصح أن يوصف بحق أنه "مصادفة"؛ ويجب ألا يثير أستعمال هذه الكلمة حول وجود أرضنا أي عجب، لأن المصادفات لا بد واقعة، وإذا أستمر الكون زمناً طويلاً كافياً فقد يحدث فيه في الوقت المناسب كل ما نستطيع تصوّره من المصادفات؛ وأظن أن "هكسلي" [1] هو الذي قال: "إنك إذا تركت ستة قردة تضرب بأصابعها على آلة كاتبة، دون قصد أو تفكير، مدى ملايين الملايين من السنين، فإنها في النهاية تكون قد كتبت كل كتب المتحف البريطاني [2]. فلو جئنا بآخر صفحة كتبها أحد تلك القردة، حينما كان يضرب بأصابعه الآلة الكاتبة على غير هدى، ووجدناه قد كتب صادفة إحدى أغاني شكسبير [3] لحَّق لنا أن نرى في هذه الحادثة مصادفة عجيبة. ولكننا إذا فحصنا عن جميع ملايين الصفحات التي كتبتها القردة. في ملايين السنين التي يخطؤها الحصر، فإننا لا شك واجدون فيها أغنية لشكسبير جاءت بها المصادفة العمياء. وبمثل هذه الطريقة تُلاقي ملايين الملايين من النجوم جميع أنواع

---

(١) T.H. Huxley

(٢) British Museum

(٣) Shakespeare

المصادفات وهي تسبح في الفضاء على غير هدى منذ ملايين الملايين من السنين، ولكن عدداً محدوداً منها مقدّر عليه أن يلاقي ذلك النوع الخاص من المصادفة التي أظهرت للوجود المجموعات الكوكبية؛ غير أن التقدير الحسابي يبين أن عدد هذه المجموعات، مهما كبر، صغير جداً إذا قيس بعدد نجوم السماء، أي أن المجموعات الكوكبية لا بد أن تكون قليلة جداً في الفضاء.

وهذه القلة في المجموعات الكوكبية أمر عظيم الأهمية، لأن حياة كالحياة التي نعرفها على الأرض لا يمكن أن تنشأ إلا على كواكب كالأرض، ذلك بأن وجودها يتطلب ظروفاً طبيعية مناسبة لها، وأهمها درجة من الحرارة تستطيع الأجسام فيها أن تبقى سائلة.

فأما النجوم فإنها لفرط حرارتها لا تصلح لهذا الغرض؛ وفي وسعنا أن نتصوّرها مجموعة واسعة من النيران موزعة في الفضاء، تنشر الحرارة في جو لا تزيد حرارته على أربع درجات فوق الصفر المطلق- أي نحو ٤٨٤ درجة من درجات الصقيع بمقياسنا الفهرنهيتي، وقد تصل إلى أقل من ذلك في أرجاء الفضاء المتسعة التي تقع خارج المجرة. فإذا بعدنا عن تلك النيران وجدنا البرودة التي لا مكن تصوّرها، والتي تصل إلى مئات من درجات الصقيع، أما ما يجاور هذه النيران ففيه حرارة تصل درجتها إلى الآلاف، وفيها تنصهر الأجسام الجامدة وتغلي السوائل.

ولا يمكن أن توجد الحياة إلا غي منطقة معتدلة ضيقة، تحيط بكل من هذه النيران على مسافة محدودة معينة لا تتعداها، لأنها تجمد من

شدة البرد في خارجها، وتحترق لشدة الحر في داخلها. وإذا أضيت هذه المناطق الصالحة للحياة بعضها إلى بعض لم تبلغ سعتها جزءا من ألف مليون جزء من الفضاء كله بوجه التقريب. وحتى في داخل هذه المناطق تكون الحياة نادرة الحدوث جد الندرة. فليس من المصادفات العادية أن تقذف الشموس بعيداً عنها كواكب كما قذفت شمسنا؛ وإنه لمن المحتمل أن يكون لنجم واحد فقط من بين ١٠٠,٠٠٠ من النجوم كوكب يدور حوله في المنطقة الضيقة التي يمكن أن توجد فيها الحياة.

ولهذا السبب عينه لا يمكن أن يصدّق أن العالم قد وجد قبل كل شيء لأن ينتج حياة مثل حياتنا؛ ولو كان الأمر كذلك لتوقعنا أن تكون النسبة بين بناء الكون وبين ما فيه من حياة خيرا مما هي الآن؛ ويلوح لأول وهلة على الأقل أن الحياة ليست إلا نتاجاً ثانوياً لا خطر له على الإطلاق، وأننا نحن الأحياء عرض من الأعراض.

ولا ندري أتكفي الظروف الطبيعية المناسبة وحدها لأن تخلق الحياة؟ فإحدى مدارس الفكر تقول إن الأرض حين بردت تدريجاً كان من الطبيعي، بل يكاد يكون من الضروري، أن توجد على ظهر الحياة. وتقول مدرسة أخرى إنه بعد أن أوجدت الأرض إحدى المصادفات، كان لا بد من مصادفة ثانية لتخرج الحياة. والذي نعلمه نحن أن الأجزاء المادة التي يتكون منها كل جسم حي هي الذرات الكيميائية العادية– هي الكربون، الذي نجده في السناج أو دخان المصباح، والأيدروجين والأوكسجين اللذان نجدهما في الماء، والأزوت الذي يكوّن أكبر جزء

ف الهواء الجوي، وما إلى ذلك. ومعنى هذا أن كل نوع من أنواع الذرة اللازمة للحياة قد وجد من غير شك على الأرض حين ولدت، وربما حدث في بعض الفترات أن رتبت مجموعة من الذرات نفسها كما تترتب في خلية حية. وفي الحق أن هذه الذرات إذا أتيح لها الوقت الكافي لا بد أن ترتب نفسها هذا الترتيب، كما لا بد أن تكتب القردة الستة أغنية لشكسبير بالآلة الكاتبة إذا أمهلت الوقت الكافي. ولكن هل تصير هذه الذرات خلية حية؟ أو بعبارة أخرى: هل الخلية الحية مجرد مجموعة من الذرات العادية، مرتبة بطريقة غير الطريقة العادية أو هي شيء أكثر من هذا؟ هل هي مجرد ذرات، أو هي ذرات وحياة معاً؟ وفي وسعنا أن نعرض المسألة عرضاً آخر فنقول: هل يستطيع كيميائي حاذق أن يخلق الحياة من الذرات الضرورية لها، كما يستطيع صبي أن يصطنع من "أجزاء آلية" لعبة من اللعب ويطلقها فتسير إننا لا نعرف لهذه المسألة جواباً، ولكننا حين نعلم الجواب سنهتدي في ضوئه إلى أن نعرف هل العوالم الأخرى التي في الفضاء مسكونة مثل عالمنا؟ وسيكون لهذا العلم من غير شك أكبر الأثر فيما نفهمه من معنى الحياة. وقد يحدث من ذلك ثورة في الأفكار أعظم شأناً من الثورة التي أحدثها جاليليو [١] في علم الفلك، ودارون [٢] في علم الأحياء.

ومهما يكن من شيء، فإننا نعرف حقاً أن المادة، وإن كانت تتكوّن من ذرات عادية، يتكوَن معظمها من ذرات لها قدرة خاصة على التجمع

---

(١) Galileo Galilei

(٢) C.R. Darwin

في جماعات غير عادية أو "جزيئات".

وكثير من الذرات ليس له هذه الخاصة، فذرات الأيدروجين والأكسجين مثلاً لا يمكن أن تتجمع لتكوّن جزيئات من الأيدروجين (يد أو يد)، وجزيئات من الأكسجين أو الأزون (أ أو أ)، أو جزيئات من الماء (يد٢أ)، أو جزيئات من فوق أكسيد الأيدروجين (يد٢أ٢)؛ ولكن ليس من هذه المركبات ما يحتوي على أكثر من أربع ذرات، وبإضافة الأزوت لها لا يتغير حالها كثيراً. فمركبات الأيدروجين والأكسجين والأزوت، كلها تتكوّن من ذرات قليلة العدد نسبياً. ولكنك إذا أضفت إليها الكربون تغيرت الصورة كل التغيير، ذلك أن ذرات الأيدروجين والأكسجين والأزوت والكربون تتحد لتكوّن جزيئات تحتوي على مئات أو آلاف بل وعشرات الآلاف من الذات؛ ومن هذه الجزيئات تتكوّن معظم الأجسام الحية. وكان الرأي السائد منذ قرن مضى أن "قوة حيوية" يجب توافرها لإحداث هذه المواد وغيرها من المواد التي تدخل في تكوين الجسم الحي؛ فلما جهز وهلر [١] في معمله البولينا (ك أ زيد٢) التي هي إنتاج ينفرد به الحيوان، وأستخدام في تجهيزها عمليات التكوين الكيميائي المعتادة، تبع ذلك، في الوقت المناسب، تجهيز بعض مكوّنات الجسم الحي، فالظواهر التي كان ينسب حدوثها في وقت من الأوقات إلى "قوة حيوية" أصبحنا الآن نرجعها ظاهرة في أثر ظاهرة إلى فعل عمليات عادية مألوفة في علمي الطبيعة والكيمياء. ومع أن المسألة

---

(١) F. Wohler

لا تزال بعيدة عن الحل، فإن الأيام تقوي الفكرة القائلة بأن الذي يميز مادة الأجسام الحية بصفة خاصة ليس وجود "قوة حيوية" بل وجود الكربون، هذا العنصر العادي الذي يشترك دائماً مع ذرات أخرى ويكون معها جزيئات كبيرة جد الكبر.

وإذا كان الأمر كذلك، فإن الحياة توجد في العالم لأن لذرة الكربون خواص أستثنائية. وقد يكوم من أهم العوامل التي تزيد في أهمية الكربون أنه يكوّن مرحلة أنتقال بين العناصر الفلزية وغير الفلزية. غير أنه لا يعرف حتى الآن عن التركيب الطبيعي لذرة الكربون ما يعلل سبب قدرتها الخاصة على ربط الذرات الأخرى بعضها ببعض. وكل الذي نعرفه أن ذرة الكربون تتكوّن من ستة كهارب (ألكترونات) تدور حول نواتها المركزية الخاصة كما تدور ستة كواكب حول شمس مركزية. ويلوح أن كل الفرق بينها وبين أقرب جارتين لها في جدول العناصر الكيميائية، وهما ذرتا البورون والأزوت، أنها تزيد بقدر كهرب واحد على كهارب الذرة الأولى، وتنقص بقدر كهرب واحد عن كهارب الذرة الثانية. غير أن هذا الفرق الضئيل هو الذي يعلل في آخر الأمر كل ما بين وجود الحياة وأنعدامها من خلاف. ومما لا شك فيه أن سبب أمتياز الذرة ذات الستة الكهارب بهذه الخواص العجيبة كامن في قوانين الطبيعة النهائية؛ غير أن العلوم الرياضية الطبيعية لم تسبر غور هذه المسألة بعد.

وفي الكيمياء حلات معروفة مشابهة لهذه الحال نفسها؛ فظواهر المغنطيسية تظهر قوية هائلة في الحديد، وتظهر بدرجة أقل في جاريه:

معدني النيكل والكوبلت، وتحتوي ذرات هذه العناصر على ٢٦ و٢٧ و٢٨ من الكهارب على الترتيب. أما الخواص المغنطيسية في جميع الذرات الأخرى فإنها لا تكاد تستحق الذكر بالقياس إلى هذه الذرات السابقة؛ فالمغنطيسية إذن يقف وجودها على الخواص المعينة في الذرات ذات الكهارب الستة والعشرين والسبعة والعشرين والثمانية والعشرين، ولا سيما الذرة الأولى؛ وذلك لسبب لا نعرفه ولم تعنا الرياضيات الطبيعية على معرفته في هذه الحالة أيضاً. وثمة حالة ثالثة من هذا النوع، وهي ظاهرة النشاط الإشعاعي، فهذا النشاط مقصور على الذرات التي تحوي كهارب يتراوح عددها بين ٨٣ و٩٢ إلا في حالات نادرة لا تستحق الذكر. ولسنا نعلم سبباً لهذا أيضاً.

وملاك القول أن الكيمياء لا تستطيع أن تطلب إلينا أكثر من أن نضع الحياة في مرتبة المغنطيسية والنشاط الإشعاعي. وقد بنى العالم بحيث يسير طبقاً لقوانين خاصة، وكان من نتائج هذه القوانين أن صارت للذرات التي تحتوي على أعداد معينة محدودة من الكهارب، وهي ٦ وما بين ٢٦ و٢٨ وكذلك ما بين ٨٣ و٩٢، خواص معينة تتكشف في ظواهر الحياة والمغنطيسية والنشاط الإشعاعي على الترتيب. إن الخالق القادر على كل شيء والذي لا يخضع للقيود أياً كان نوعها لا يقيد نفسه بالقوانين التي تسود هذا الكون، وربما أقتضت مشيئته أن ينشيء الكون على حسب طائفة أخرى من القوانين التي لا يمكن حصرها. فإذا كانت مشيئته قد أقتضت أن يختار طائفة أخرى من القوانين فربما كان ثمة مع هذه القوانين ذرات معينة أخرى ذات خواص معينة أيضاً. وليس في

وسعنا أن نقول ما هي هذه الذرات، وما هي خواصها؛ ولكننا نستطيع أن نحكم من المباديء الأوّلية أنه ليس من المحتمل أن يكون النشاط الإشعاعي أو المغنطيسية أو الحياة بين هذه الخواص؛ ذلك أن علم الكيمياء يشير إلى أن الحياة كالمغنطيسية والنشاط الإشعاعي ربما كانت مجرد نتيجة عارضة لمجموعة القوانين الخاصة التي تسيطر على الكون الحاضر.

كذلك قد تكون كلمة "مصادفة" موضع أعتراض، فقد يقال: ماذا يمنع أن يكون مبدع الكون قد أختار طائفة خاصة من القوانين لغرض واحد، وهو أنها قد أدت إلى ظهور الحياة؟ وماذا يمنع أن تكون هذه هي طريقته في خلق الحياة؟ إننا ا دمنا نفترض وجود خالق على هذه الصورة البشرية المعظمة، تحركه أحاسيس وميول كالتي تحركنا نحن، فإن الفروض السابقة تصبح أقوى من أن تحتاج إلى حجج تؤكدها؛ لكنا إذا نحن محونا من أذهاننا كل ما فيها من آثار هذه النظرة– نظرتنا إلى الخالق كأنه إنسان عظيم– لم يبق بعد ذلك ما يدعو إلى القول بأن القوانين الحاضرة قد أختيرت عن قصد لإيجاد الحياة، فلربما كانت قد أختيرت مثلا لأستحداث المغنطيسية أو النشاط الإشعاعي. والحق أن هذا أكثر أحتمالاً، لأن الظواهر كلها تدل على أن لعلم الطبيعة شأناً في هذا الكون يربي كثيراً من شأن علم الحياة. وإذا نظرنا إلى الأمر نظلاة مادية محضة، بدا لنا أن فكرة ضآلة الحياة تسرع بنا إلى القضاء على كل تفكير في أن الحياة هي أهم ما يعني به مبدع الكون الأعظم.

وقد يكون في التشبيه الآتي، على تفاهته، ما يجعل الأمر أكثر وضوحاً. لقد يظن بحار غير ذي خيال، تعود عقد العقد، أنه يستحيل عبور المحيط إذا أستحال عقدها، ولكن قدرة العقد مقصورة على الفضاء ذي الأبعاد الثلاثة، ولا يمكن عقد عقدة في فضاء له بعد واحد، أو بعدان، أو أربعة أبعاد، أو خمسة، أو أي عدد آخر من الأبعاد. وربما أستنبط بحارنا عديم الخيال من هذا أن خالقاً رءوفاً كان يشمل البحارة برعايته الخاصة، فأختار أن يكون الفضاء ذا أبعاد ثلاثة، حتى يصير من الممكن عقد العقد وعبور المحيط في الكون الذي خلقه، أي أن الفضاء قد كان ذا أبعاد ثلاثة ليكون ثمة بحارة. ويلوح أنه ليس ثمة فارق كبير بين هذا المنطق والنطق السابق، وأن كليهما من حيث القوة سواء، لأن الحياة بصفة عامة وعقد العقد يكادان يتساويان في أن كلاً منهما لا يمثل أكثر من جزء تافه من مجموع نشاط الكون المادي.

وحسبنا هذا بياناً للطريقة العجيبة التي ظهرنا بها في الوجود، وهي كل ما يستطيع العلم أن يدلي به في الوقت الحاضر. وإن دهشتنا لتزداد إذا نحن حاولنا أن ننتقل من البحث في أصل وجودنا لنتفهم الغرض من وجودنا في الحياة، أو نتنبأ بالمصير الذي يخبئه القدر لسلالتنا البشرية.

إن الحياة كما نعرفها لا يمكن أن تبقى إلا في حالات مناسبة من الضوء والحرارة؛ ونحن إنما نعيش لأن الأرض تستقبل من إشعاعات الشمس المقدار المناسب بالضبط، فإذا ما أختل هذا التوازن، ورجحت الكفة نحو أحد الأتجاهين: نحو الزيادة أو النقص، فإن الحياة لابد أن

تختفي من الأرض؛ وحقيقة الموقف هي أنه من السهل جداً أن يختل هذا التوازن.

ولا بد أن يكون الإنسان الأول، عندما كان يقطن في المنطقة المعتدلة من الأرض، قد شاهد بشيء من الفزع عصر الجليد يقترب من موطنه. لقد كان يرى أنهار الجليد في كل عام تتقدم بأطراد في الوديان، ويحس أن الشمس في كل شتاء أقل مقدرة على أن تمد الحياة بالحرارة اللازمة، ولا بد أن يكون قد ظهر له، كما يظهر لنا الآن، أن الكون يناصب الحياة العداء.

ونحن، أبناء هذه الأيام المتأخرة، الذين نعيش في المنطقة المعتدلة الضيقة المحيطة بشمسنا، ننظر إلى المستقبل البعيد فنرى عصراً جليدياً من نوع آخر يهددنا. لقد قدر على تنتالوس [1] أن يموت صادياً، وهو واقف وسط بحيرة تكاد تبتلعه لشدة عمقها؛ وتلك مأساة تنتظرنا نحن أيضاً، فربما قدّر علينا أن نموت من البرد، على حين أن الجزء الأكبر من مادة الكون لا يزال شديد الحرارة، لا يسمح للحياة أن تستقرّ فيه، ذلك أن السمش ليس لها مصدر خارجي تستمد منه حرارتها، ولا بد إذن أن يقل بالتدريج مقدار ما تبعثه من إشعاع هو مصدر الحياة؛ فإذا أستمرت الحال كذلك فإن المنطقة المعتدلة من مناطق الفضاء، وهي وحدها التي

---

[1] Tantalus: شخصية من شخصيات أساطير الإغريق أغضب الآلهة فصبت عليه العذاب فكان يغمره الماء حتى عنقه، فإذا حاول أن يروي ظمأه أنحسر عنه الماء من كل ناحية، وهكذا قضى عليه أن يموت ظمآناً ومن حوله وتحت قدميه الماء المدافق.

توجد فيها الحياة، تقترب من الشمس شيئاً فشيئاً؛ وإذا أريد أن تبقى أرضنا صالحة للحياة، فلا بد لها أن تقترب دائماً من الشمس المحتضرة. لكن العلم يخبرنا أن الأرض لا تقترب من الشمس، بل إن قوانين الحركة، وهي قوانين ثابتة لا تتحوّل، تعمل حتى في وقتنا هذا على أن تبعد أرضنا عن الشمس، وتدفعها نحو مناطق البرد والظلام الخارجية. ومبلغ عملنا أن هذه القوانين ستظل في عملها حتى تجمد الحياة على الأرض وتنعدم، إلا إذا وقع قبل ذاك أصطدام سماوي، أو وقعت واقعة أخرى هائلة، فأودي هذا أو أودت تلك بالحياة على عجل قبل ذلك الميقات المحتوم. وهذا الخطر المنتظر لا تتعرض له أرضنا وحدها، بل إن شموسا أخرى لا بد أن تمو كما تموت شمسنا، وكل حياة يمكن أن تكون على كواكب أخر لا بد في النهاية أن تلقى ذلك المصير التعيس.

كذلك يقص علينا علم الطبيعة القصة نفسها التي يقصها علم الفلك؛ ذلك أننا إذا صرفنا النظر عن جميع الأعتبارات الفلكية، نجد القانون الطبيعي العام، الذي يعرف بالقانون الثاني لعلم الديناميكا الحرارية، ينبيء بأن الكون لا يمكن أن يكون له سوى نهاية واحدة– هي "موت الحرارة" حين تتوزع جملة طاقة الكون توزيعاً متنظماً، فتصير أجسام الكونكلها في درجة حرارة واحدة، وستكون هذه الحرارة منخفضة انخفاضاً يجعل الحياة مستحيلة. ولا يهم كثيراً أي طريق يصل بالكون إلى هذه الحالة النهائية "فكل الطرق يوصل إلى روما" ذلك أن نهاية الرحلة لن تكون سوى الفناء الشامل.

فهل هذا إذن كل ما تبلغ إليه الحياة– أن تسقط سقطة العاثر خطأ في كون لم يهيأ للحياة، في كون تدل جميع مظاهره على أنه لا يكترث مطلقاً بها، أو أنه يعاديها عداء لا هوادة فيه، وأن نبقى آوين إلى جزء من حبيبة رمل حتى تجمد فينا الحياة، وأن نمضي وقتنا الضئيل على مسرحنا الضئيل معجبين بأنفسنا، ونحن نعلم أن آمالنا كلها قد قدّر لها آخر الامر أن تتحطم، وأن أعمالنا لا بد أن تفنى معنا، فنمضي تاركين الكون كأن لم يكن لنا فيه وجود؟

هذا السؤا يعرضه علم الفلك، لكنني أرى أن نلجأ أكثر ما نلجأ إلى علم الطبيعة لنبحث فيه عن الجواب، لأن ما يستطيع أن يحدثنا به علم الفلك، هو نظام الكون في الوقت الحاضر، وأتساع الفضاء وفراغه، وضآلة شأننا فيه؛ بل إنه يستطيع أن يحدثنا بعض الحديث عن طبيعة التغيرات التي أحدثها مرور الزمن؛ ولكن علينا أن نتعمق في الفحص عن أساس طبيعة الأشياء، قبل أن نمني أنفسنا بالوصول إلى جواب عن سؤالنا السابق؛ وليس هذا من مباحث علم الفلك، بل سنرى أن سؤالنا يمضي بنا إلى صميم علم الطبيعة الحديث.

الفصل الثاني

العالم الجديد لعلم الطبيعة الحديث

لا بد أن يكون الإنسان الأوّل قد وجد الطبيعة فريدة في ألغازها وتعقيدها. لقد كان يثق أن أبسط الظواهر تتكرر مرات لا حصر لها، فالجسم الذي لا يستند إلى شيء يقع على الدوام، والحجر الذي يقذف به في الماء غطس فيه، بينما تطفو عليه قطعة من الخشب، وكانت هناك ظواهر أخرى أكثر من هذه تعقيداً، ليس لها مثل هذا الأنتظام؛ فالصاعقة كانت تصيب شجرة في أجمة من الأشجار ولا تصيب جارتها، وهي تماثلها في النمو وتساويها في الحجم؛ وكان الهلال يطلع في أحد الأشهر على جوّ جميل، ويظلع في شهر آخر جوّ رديء.

وقف الإنسان وجها لوجه أمام دنيا من الطبيعة، تدل مظاهرها كلها على أنها مثله في تعيرها وتقلبها، فكان أول ما وقع له أن يخلق "طبيعة" من صورته، فعزا ما ظنه أخطاء وما حسبه خروجاً من الكون عن طريقه المرسوم إلى هواجس وأهواء صادرة عن آلهة أو عن أرواح أقل من الآلهة شأناً، خيرة كانت أو شريرة. ولم تظهر القاعدة العظمى– قاعدة السببية– إلا بعد دراسة طويلة، وقد تبين مع الزمن

أن هذه القاعدة تسيطر على كل الطبيعة غير الحية، فقد عرف أن السبب الذي ينفرد بإحداث أثر مهين ينتج هذا الأثر على الدوام، وأن ما يحدث في لحظة ما غير موقوف على رغبات مخلوقات خارجية، بل هو نتيجة ظروف سبقته تحتمها قوانين ثابتة لا تتبدل، وهذه الظروف قد حتمتها هي الأخرى ظروف سابقة، وكان لا بد من حدوثها كما حدثت، وهكذا دواليك. ومعنى هذا أن مجرى الحوادث كله تحدّده الحالة التي فطر عليها العالم في أول لحظة من تاريخه. ومنذ أن تحدّدت هذه الحالة الأولى لم تعد الطبيعة تستطيع أن تسلك سوى طريق واحد فقط إلى نهاية مقدّرة من قبل. ومجمل القول أن عملية الخلق لم تتناول خلق الكون فحسب، بل رسمت له أيضاً كل تاريخه في المستقبل. نعم إن الإنسان ظل يعتقد أنه هو نفسه قادر على أن يؤثر في مجرى الحوادث بإرادته، وإن كان الذي يدفعه إلى هذا الأعتقاد هو غريزته لا علمه أو منطقه أو تجربته؛ ولكن قانون السببية بدأ منذ ذلك الوقت يسيطر على جميع الحوادث التي سبق أن عزاها هو إلى أفعال كائنات خارقة للطبيعة.

وقد كان إقرار هذا القانون وإثباته نهائياً واعتباره المبدأ الأساسي الذي تسير الطبيعة بمقتضاه أعظم أنتصار للعلم في القرن السابع عشر، ذلك العصر العظيم الذي أنجب جاليليو ونيوتن [1]، فقد تبين

(1) Sir Isaac NOWTON

في ذلك الوقت أن الظواهر الطبيعية التي تحدث في السماء ليست سوى نتيجة لقوانين الضوء العامة، وثبت أن المذنبات التي كانت تعدّ من قبل نذرا بسقوط الدول أو بموت الملوك قد رسم حركاتها مقدّما قانون الجذب العام، وقد كتب نيوتن في ذلك: "ليت ظواهر الطبيعة الباقية يمكن أستنباطها بهذه الطريقة من القواعد الميكانيكية".

ونشأت من هذا حركة ترمي إلى تفسير الكون المادي كله على أنه آلة، وهي حركة أخذت تزداد قوة بأستمرار حتى بلغت أوجها في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، حين جهر هلمهولتز [١] بقوله: "إن الغرض النهائي الذي ترمي إليه كل علوم الطبيعة هو أن تحيل نفسها قواعد ميكانيكية" وصرح اللورد الفن [٢] بأنه لا يستطيع أن يفهم شيئا يعجز عن أن يصطنع له أنموذجاً آليا، وقد كان له ما كان لكثير من كبار العلماء في القرن التاسع عشر من مكانة عالية في مهنة الهندسة الآلية. وكان في وسع غيره من العلماء أن يكونوا كذلك لو أنهم حاولوه، فقد كان ذلك العصر عصر العلماء المهندسين الذين كان مطمعه الأول أن يصطنعوا نماذج آلية للطبيعة كلها، وقد نجح وترزتون [٣] ومكسويل [٤] وغيرهما في تفسير

---

(١) H. von Helmholtz

(٢) Lord Kelvin (Sir W. Thomson)

(٣) J.J. Waterston

(٤) J. Clerk Maxwell

خواص الغازات على أنها شبيهة بخواص الآلة، وقالوا إن هذه الآلة، وقالوا إن هذه الآلة تتركب من عدد كبير من كرات صغيرة مستديرة ناعمة أصلب من أشد أنواع الفولاذ صلابة، تطير في كل صوب كما يطير وابل الرصاص في ميدان القتال، وكانوا يرون أن ضغط الغاز مثلا ناشيء عن تصادم تلك الرصاصات التي تطير بسرعة خاطفة، مثله في ذلك كمثل الضغط الذي تحدثه عاصفة من البرد على سقف خيمة، فإذا أنتقل الصوت خلال أحد الغازات كانت هذه الرصاصات هي التي حملته. وقد بذلت مثل هذه الجهود لتفسير خواص السوائل والجوامد على أنها شبيهة بالآلات، وأن لها خواص الآلات، ولكن نصيبها من النجاح كان قليلاً؛ وبذلت جهود مثلها في الضوء والجاذبية، ولكنها لم تلق أي نجاح. غير أن هذا الفشل قد عجز عن أن يزعزع الأعتقاد بأن الكون في نهاية الأمر يمكن تفسيره تفسيراً آلياً محضاً. وكان العلماء يشعرون بأن كل ما يحتاجون إليه هو أن يبذلوا مجهودات أعظم مما بذلوا، وعندئذ تظهر الطبيعة غير الحية في نهاية الأمر سافرة عن آلة كاملة دقيقة في عملها.

وكان لكل هذا أثر واضح في تفسير الحياة الإنسانية، ذلك أن كل توسع في تطبيق قانون السببية، وكل نجاح في تفسير الطبيعة تفسيراً آلياً، قد جعلا من الصعب الأعتقاد في مبدأ الإرادة الحرة. وكانت حجة الباحثين في ذلك أنه إذا كانت الطبيعة كلها خاضعة

لقانون السببية فلم تستثني منها الحياة؟ وقد تمخضت هذه البحوث عن الفلسفات الآلية التي ظهرت في القرنين السابع عشر والثامن عشر، وما تبعها من الفلسفات المثالية، التي كانت ردّ فعل طبيعي لها، فقد لاح أن العلم يؤثر النظرة الآلية التي تعدّ عالم المادة كله آلة عظيمة، وعلى عكس ذلك حاولت النظرة المثالية (أنظر ص ١٥٦) أن تعدّ العالم من خلْق الفكر، وهو لذلك يتكوّن من الفكر.

وكان العلماء حتى أوائل القرن التاسع عشر لا يزالون يعدون الحياة شئياً منفصلاً كل الأنفصال عن الطبيعة غير الحية، ولا يرون في هذه النظرة ما يناقض العلم في شيء؛ ثم تلا ذلك الكشف عن أن الخلايا الحية تتكوّن من نفس الذرات الكيميائية التي تتكوّن منها ذرات المادة غير الحية، وأنها لذلك كانت خاضعة على الأرجح لنفس القوانين الطبعية؛ وقد دعا هذا إلى التساؤل عما يمنع خضوع الذرات الخاصة التي تتكون منها أجسامنا وعقولنا لقوانين السببيى أيضاً. ثم بدأ العلماء يتصوّرون أن الحياة لا بد أن تسفر في النهاية عن أنها في طبيعتها آلية محضة، ولم يكتفوا بالتخيل والظن بل تعدوهما إلى الدفاع عن آرائهم دفاع المستيقنين، وقالوا: إن عقلا مثل عقول نيوتن أو باخ [١] أو ميكل أنجلو [٢] لا يختلف عن مطبعة

---

(١) Baeh

(٢) Michel Angelo

أو صفارة أو منشار بخاري إلا في تعيقده، وإن كل ما تعمله هذه العقول هو أن تستجيب بدقة للمؤثرات التي تستقبلها من الخارج؛ ولما كانت هذه العقيدة لم تترك مجالاً لعمل الأختيار والإرادة الحرة، فقد قضت على جميع أسس الأخلاق، فزيد [1] لم يرد أن يكون مختلفاً عن عمرو [2] بل إنه لا يستطيع إلا أن يكون مختلفاً عنه، وقد نشأ الأختلاف بينهما عن أختلاف في المؤثرات الخارجية التي تعمل عملها في كل منهما.

وما كاد ينقضي هذا القرن حتى شوهد انقلاب كبير في التفكير العلمي، وأتخذ هذا التفكير صوراً يختلف بعضها عن بعض كل الأختلاف– ذلك أن العلماء القدامى لم يكونوا يستطيعون أن يدرسوا المادة إلا إذا كانت ذات مقادير كبيرة، تحس بها الحواس المجردة، فكانت أصغر قطعة من المادة أجروا عليها التجارب تحتوي على ملايين الملايين من الجزيئات، ومن شأن القطع التي في مثل هذا الحجم أن تسلك من غير شك مسلكاً آلياً، ولكن هذا لا يعني حتما أن الجزيئات المنفردة تسلك نفس هذا المسلك، وليس يجهل أحد ما بين سلوك الجماعة وسلوك أفرادها من فرق شاسع.

أما في أواخر القرن التاسع عشر فقد أصبح من الميسور لأول

---

(1) في الأصل: Saul and Paul ويقصد

(2) بهما أي شخصين.

مرة أن يدرس سلوك جزيئات منفردة أو ذرات أو كهارب، وقبل أن يمضي هذا القرن كشف العلم أن ظواهر معينة كالإشعاع والجاذبية بصفة خاصة قد هزأت بكل ما بذل من محاولات لتفسيرها تفسيراً آلياً محضاً. وبينا كان الفلاسفة لا يزالون يجادلون في إمكان أصطناع آلة تعيد أفكار نيوتن أو عواطف باخ أو إلهام ميكل أنجلو، كان رجل العلم العادي آخذاً في الأقناع السريع بأنه لا يمكن أصطناع آلة تعيد ضوء الشمعة أو سقوط التفاحة. ثم حدث في الأشهر الأخيرة من القرن التاسع عشر أن وضع الأستاذ ماكس بلانك [١] من مدينة برلين شرحاً مقروناً بالتجربة لبعض ظواهر الإشعاع التي كانت حتى ذلك الوقت مستعصية عن كل تفسير. ولم يكن هذا الشرح في طبيعته غير ميكانيكي فحسب، بل أتضح أنه من المستحيل أن يتصل بأية ناحية من نواحي التفكير الميكانيكي. ولهذا السبب بنوع خاص تعترض ذلك الشرح للنقد والهجوم بل للأستهزاء أيضاً، ولكنه نجح بعد ذلك نجاحاً باهراً، ونشأت منه في آخر الأمر "نظرية الكم" الجديدة، وهي أحد القوانين الكبرى التي تسيطر على علم الطبيعة الحديث، وكان هذا إيذاناً بأنقضاء العصر الآلي في العلم وبشيراً بأفتتاح عصر جديد، وإن لم يتضح هذا وقتئذ.

ولا تكاد نظرية بلانك في شكلها الأول تخرج عن مجرد

---

(١) Professor Max Planck of Berlin

أفتراض أن الطبيعة تسير في قفزات وأهتزازات صغيرة كما تسير عقاربالساعة، غير أن الساعة في طبيعتها النهائية آلية صرفة وإن كانت لا تسير سيراً مستمراً، وهي لا تحيد قط عن قانون السببية. وقد أظهر أينشتين [1] في عام ١٩١٧ أن النظرية التي وضعها بلانك تظهر في أول نظرة على الأقل أنها تنطوي على نتائج أبعد أثراً من فكرة عدم الأتصال، وظهر أنها ستنقص مما كان لقانون السببية من الشأن في توجيه العالم الطبيعي في مجراه. لقد كان العلم القديم يقرر تقرير الواثق أن الطبيعة لا تستطيع أن تسلك إلا طريقاً واحداً، وهو الطريق الذي رسم من قبل لتسير فيه من بداية الزمن إلى نهايته، في تسلسل مستمر بين علة ومعلول، وألا مناص من أن الحالة (أ) تبعها الحالة (ب)؛ أما العلم الحديث فكل ما يستطيع أن يقوله حتى الآن هو أن الحالة (أ) يحتمل أن تتبعها الحالة (ب) أو (ج) أو (د) أو غيرها من الحالات الأخرى التي يخطؤها الحصر. نعم إن في أستطاعته أن يقول إن حدوث الحالة (ب) أكثر أحتمالاً من حدوث الحالة (ج)، وإن الحالة (ج) أكثر أحتمالاً من الحالة (د) وهكذا، بل إن في مقدوره أن يحدد درجة أحتمال كل من الحالات (ب) و(ج) و(د)، بعضها بالنسبة إلى بعض، ولكنه لا يستطيع أن يتنبأ عن يقين أي الحالات تتبع الأخرى، لأنه إنما يتحدث دائماً عما يحتمل، أما ما يجب أن يحدث فأمره موكول إلى الأقدار، مهما تكن حقيقة

---

(1) A. Einstein

هذه الأقدار.

ولنضرب لذلك مثلاً مادياً يزيده وضوحاً: من المعروف أن ذرات الراديوم وغيره من المواد ذات النشاط الإشعاعي تتفكك بمجرد مرور الزمن عليها، وتخلف وراءها ذرات من الرصاص والهليوم، ولهذا فإن كتلة من الراديوم ينقص حجمها بأستمرار، ويحل مكانها رصاص وهليوم. والقانون العام الذي يتحكم في معدل التناقص غريب غاية الغرابة، ذلك أن كمية من الراديوم تنقص بنفس الطريقة التي ينقص بها عدد من السكان إذا لم تجدّ عليهم مواليد وكانت نسبة تعرض كل منهم للوفاة واحدة بغض النظر عن السن، أو أنها تنقص كما ينقص عدد أفراد كتيبة من الجند معرضين لنيران ترسل عليهم أعتباطاً، ومن غير أن يكون أحدهم مقصوداً لذاته. ومجمل القول أنه ليس لكبر السن أثر ما في ذرة الراديوم الواحدة، فأنها لا تموت لأنها قد أستوفت حظها من الحياة، بل لأن المنية قد أصابتها خبط عشواء.

ولنوضح هذه الحقيقة بمثل مادي فنقول: إذا فرض أن بحجرتنا ألفن من ذرات الراديوم، فإن العلم لا يستطيع أن يقول كم منها يبقى حياً بعد عام؛ بل كل ما يستطيعه هو أن يذكر فقط الأحتمالات التي ترجح بقاء ٢٠٠٠ أو ١٩٩٩ أو١٩٩٨ وهكذا، وأكثر الأمور أحتمالا في الواقع هو أن يكون العدد ١٩٩٩، أي أن أرجح

الأحتمالات هو أن ذرة واحدة لا أكثر من الألفي ذرة، هي التي تتحلل في العالم التالي.

ولسنا ندري بأية طريقة تختار تلك الذرة المعينة من بين هذه الألفي ذرة؛ وقد نشعر في باديء الأمر بميل إلى أفتراض أن هذه الذرة ستكون هي التي تتعرض لأصطدام أكثر من غيرها، أو التي تقع في أشد الأمكنة حرارة، أو التي يصادفها غير هذا أو ذاك من الأسباب في العام التالي. ولكن هذا كله غير صحيح لأنه إذا كان في أستطاعة الصدمات أو الحرارة أن تفكك ذرة واحدة فإن في أستطاعتها أيضاً أن تفكك الـ ١٩٩٩ ذرة الباقية، ويكون في أستطاعتنا أن نعجل بتفكيك الراديوم بمجرد ضغطه أو تسخينه، ولكن كل عالم من علماء الطبيعة يقرر أن ذلك مستحيل، بل هو يعتقد على الأرجح أن الموت يصيب في كل عام ذرة واحدة من كل ٢٠٠٠ من ذرات الراديوم، ويضطرها إلى أن تتفكك، وهذه هي نظرية "التفكك التلقائي" التي وضعها روذرفورد [١] وسدى [٢] في عام ١٩٠٣.

وقد يعيد التاريخ نفسه بطبيعة الحال، فنجد مرة أخرى بعد أن يتقدم بنا العلم أن ليس هذا الشذوذ الاهري في أمور الطبيعة إلا

---

[١] Lord Rutherford

[٢] F. Soddy

نتيجة لازمة لفعل قانون العلة والمعلول، وأننا إذ نقول في حياتنا العادية إن هذا أو ذاك محتمل لا ندل بذلك القول إلا على أن معلوماتنا ناقصة، فقد نقول يحتمل أن تمطر السماء في الغد، على حين أن خبيراً في الظواهر الجوية، إذا عرف أن أنخفاضاً عميقاً ينحدر نحو الشرق آتياً من ناحية المحيط الأطلنطي، يستطيع أن يؤكد أن الجو سيكون رطباً [1]. وقد يحدث عما يرجى لجواد من الكسب والخسارة في سباق، وصاحبه يعلم أن ساقه مكسورة؛ كذلك قد يكون التجاء علم الطبيعة الحديث إلى الأخذ بالأحتمالات مجرد ستار يغطي به جهله بحقيقة النظام الذي يسير عليه الطبيعة.

ولنذكر مثلاً يوضح كيف يحدث ذلك: في أوائل القرن الحالي كشف ماك لينان [2] وروذرفورد وغيرهما في جو الأرض نوعاً جديداً من الإشعاع يمتاز بقدرته الكبيرة الفائقة على أختراق المادة الصلبة. ذلك أن الضوء المعتاد لا يخترق من المادة المعتمة أكثر من جزء صغير من البوصة، ولذلك نستطيع أن نحجب وجوهنا عن أشعة الشمس بقطعة من الورق أو بحاجز معدني أرق منها؛ وللأشعة السينية قدرة أكبر على النفاذ في الأجسام المعتمة، لأنها تستطيع أن

---

(1) يقصد المؤلف هنا بطبيعة الحال الجزائر البريطانية.

(2) J. C, McLennan

تمر خلال أيدينا أو أجسامنا كلها فتمكن الجراح من أن يصور بها عظامنا، ومع ذلك فإن قطعة من المعدن في سمك النقود تسد عليها طريقها؛ أما الأشعة التي كشف عنها ماك لينان وروذرفورد فتستطيع أن تخترق عدة ياردات من الرصاص أو غيره من المعادن الكثيفة.

ونعلم الآن أن جزءاً كبيراً من هذا الإشعاع الذي أصطلح على تسميته "الأشعة الكونية" منشؤه في الفضاء الخارجي، وأنه يصل إلى الأرض بمقادير كبيرة، وأن قدرته على التحطيم هائلة، فهو يحطم في كل ثانية ما يقرب من عشرين ذرة في كل بوصة مكعبة من الهواء الجوي، ويحطم ملايين الذرات في كل جسم من أجسامنا. ويرى بعضهم أن هذا الإشعاع، عندما يقع على المادة الحية الجرثومية، قد يحدث تلك التغييرات الحيوية العنيفة التي تتطلبها نظرية التطور الحديثة، وقد تكون هذه الأشعة الكونية إذن هي التي حوّلت القرد إلى إنسان!.

وكذلك زعموا في وقت من الأوقات أن سقوط الأشعة الكونية على الذرات ذات النشاط الإشعاعي قد يكون سبب تفككها، وكانوا يقولون إن تلك الأشعة تقع كما يقع القدر، تصيب آناً إحدى الذرات وآناً تصيب ذرة أخرى، وإن الذرات تتساقط أمامها كما تتساقط الجنود أمام نيران تطلق عليهم أعتباطاً. وقد شرحنا من قبل القانون الذي يتحكم في معدل فنائها/ غير أنه قد تحقق خطأ هذا الزعم

بطريقة سهلة بسيطة؛ فقد نقلت مادة ذات نشاط إشعاعي إلى قاع منجم فحم، فحجبت بذلك حجباً تاماً عن الأشعة الكونية، ولكنها مع ذلك أستمرت تتفكك بنفس المعدّل الذي كانت تتفكك به من قبل.

وقد فشلت هذه النظرية، ولكن لعل كثيرين من علماء الطبيعة لا يزالون يتوقعون أن سيظهر عامل طبيعي آخر يعمل عمل الأقدار في التفكك الناتجة عن النشاط الإشعاعي، وحينئذ يتضح أن معدل فناء الذرات يتناسب مع قوة هذا العامل؛ وفي الكون ظواهر أخرى مثل هذه أكثر منها تعقيداً وأستعصاء على الحل.

ومن هذه الظواهر تلك الظاهرة المألوفة وهي أنبعاث الضوء من المصباح الكهربائي العادي؛ وأساسها أن سلكاً رفيعاً ساخناً يتسلم طاقة من مولد كهربائي ثم خرجها شعاعاً، ففي داخل السلك توجد كهارب ملايين الذرات، وهي تدوّم في مداراتها وتقفز من وقت لآخر قفزاً فجائياً يكاد يكون متقطعاً، من مدار إلى آخر، وهي ف أثناء ذلك تشع تارة وتمتص الإشعاع تارة أخرى، وقد قام أينشتين في عام ١٩١٧ ببحث يمكن وصفه بأنه إحصاء لهذه القفزات. وبعض هذه القفزات ناتج بالطبع عن الإشعاع نفسه وعن حرارة السلك، ولكن هذا البعض لا يكفي لتعليل جميع الإشعاع الذي ينبعث من السلك، وقد تبين أينشتين أنه لا بد من وجود نوع آخر من القفزات، وأن هذه

القفزات لا بد أن تحدث من تلقاء نفسها، كما تتفكك من تلقاء نفسها ذرة الراديوم، ومعنى هذا بالأختصار أنه لا بد نا من أن نلجأ مرة أخرى إلى فرض وجود القدر، فإذا قام بدور القدر في هذه الحال أحد العوامل الطبيعية المألوفة فإن قوّته يجب أن تؤثر في شدة أنبعاث الإشعاع من السلك، ولكن مبلغ علمنا أن شدة الإسعاع مرقوفة على ثوابت معروفة في الطبيعة، لا تختلف في الأرض عنها في أبعد النجوم، ويلوح أن هذا لا يترك مجالاً لأن يتدخل في الأمر أي عامل خارجي.

وفي أستطاعتنا أن نرسم صورة مّا لطبيعة هذا التفكك أو القفز التلقائيين بأن نشبه الذرة بجماعة مكوّنة من أربعة من لاعبي الورق أتفقوا على أن ينفضوا من فورهم إذا أجتمعت في يد كل لاعب مجموعة [1] كاملة من الورق عند توزيعه عيلهم. ويمكن أن نسبه كتلة من مادة ذات نشاط إشعاعي بحجرة تحتوي على ملايين من هذه الجماعات وإذن يكون من السهل أن نرى أن عدد الجماعات سينقص طبقاً لقانون فناء النشاط الإشعاعي بشرط واحد، وهو أن تكون أوراق اللعب قد قلَّبت بين كل دور وآخر تقليباً جيداً؛ ذلك أنه إذا أجيد تقليب الأوراق، فإن مرور الزمن وما مر منه لا يكون لهما أي أثر في لاعبي الورق، لأن الموقف يبدأ من جديد كلما

---

(1) تتكوّن المجموعة الكاملة من ١٣ ورقة من نوع واحد.

قلبت الأوراق بعد كل دور من أدوار اللعب، ولذلك يبق معدل الفناء في كل ألف ثابتاً، كما هي الحال في ذرات الراديوم. وأما إذا أخذت الأوراق كما هي بعد كل دور بدون تقليب فإن كل دور بالضرورة يتأثر بالدور الذي قبله، وهذا يمثل لنا قانون السببية القديم، وفي هذه الحال الأخيرة يكون معدّل النقص في عدد اللاعبين مخالفاً لما نشاهده فعلاً في حالة التفكك الحادث عن النشاط الإشعاعي. فإذا شئنا أن نستعيد هذا المعدّل الحقيقي وجب أن نفترض أن الورق يقلب بأستمرار، وأن الذي يقوم بعملية التقليب هو ما نسميه القدر.

ومع أننا لا نزال بعيدين عن القول الفصل في هذا الموضوع فقد يخيل إلينا أن ثمة عاملاً من العوامل لم نجد له بعد أسماً خيراً من القدر، يعمل في الطبيعة ليمحو أثر قانون السببية القديم الصارم، وقد لا يكون المستقبل كما تعودنا أن ننظر إليه قد حدده الماضي تحديداً غير قابل للتغيير، بل إنه قد يكون إلى حد مّا على الأقل متروكاً لتصريف الأقدار، مهما تكن هذه الأقدار.

وهناك أعتبارات أخرى توجه أفكارنا في هذا الأتجاه نفيه. مثال ذلك أن الأستاذ هايزنبرج [1] أوضح من ما تصوره نظرية الكم الحديثة ينطوي على ما يسميه هو "قاعدة عدم قابلية التحديد"، ولقد ظللنا من قبله زمناً طويلاً نعتقد أن أعمال الطبيعة هي غاية ما

---

(1) Professor W. Heisenberg

يمكن الوصول إليه من الدقة والإحكام؛ ومع أننا نعلم أن الآلات التي يصطنعها الإنسان بعيدة عن الدقة والكمال، فقج كنا نصر على الأعتقاد بأن أعمال الذرة الداخلية هي المثل الأعلى للدقة والإحكا، ثم جاء هايزنبرج فأوضح الآن أن أكثر ما تمقته الطبيعة هو الدقة والإحكام.

لقد كان من نظريات العلم القديم أن في الإمكان تعيين حالة أي جسيم، كأحد الكهارب مثلاً، تعييناً دقيقاً إذا عرفنا موضعه وسرعة حركته في الفضاء في لحظة معينة. وهذه المعلومات، مضافة إلى ما عسى أن يكون هناك من قوى خارجية، تؤثر في تعيين مستقبله كله، فإذا عرفت هذه المعلومات عن كل جسيمات الكون أمكن التنبؤ بمستقبله كاملاً.

أما العلم الحديث، كما يفسره هايزنبرج، فإنه يؤكد أن طبيعة الأشياء لا تمكننا من الحصول على معلومات عنها، فإذا عرفنا أن كهربا في موضع معين من الفضاء لم نستطع مع ذلك أن نحدد بالضبط السرعة التي يتحرك بها؛ ذلك أن الطبيعة تبيح وجود "حد للخطأ" معين، فإذا حاولنا أن نتجاوز هذا الحد لم تساعدنا الطبيعة على ذلك أقل مساعدة لأنها في الظاهر لا تعرف شيئاً من القياسات المضبوطة المحكمة. وكذلك إذا عرفنا سرعة حركة الكهرب الحقيقية فإن الطبيعة لا تسمح لنا بأن نتعرف موضعه في الفضاء

بالضبط. فكأن موضع الكهرب وحركته قد رسما على وجهي إحدى رقائق الفانوس السحري، فإذا وضعنا الرقيقة في فانوس غير محكم أمكننا أن نركز الضوء في منتصف المسافة بين الوجهين، وأن نرى كلاً من موضع الكهرب وحركته واضحاً إلى حد مّا، ولا نستطيع أن نفعل ذلك إذا أستخدمنا فانوساً دقيقاً، ذلك بأننا كلما زدنا في تركيز الضوء على إحدى الصورتين، ازدادت الأخرى إضطراباً والتباساً.

فالفانوس غير الدقيق هو العلم القديم الذي أوهمنا أن مجرد حصولنا على فانوس دقيق يكفي لأن نحدد موضع جسيم وحركته في لحظة معينة تحديداً دقيقاً غاية الدقة، ولقد كان هذا الوهم هو الذي أدخل الجبرية في العلم؛ والآن صار لدينا الفانوس الدقيق المضبوط، وهو العلم الجديد، ظهر لنا أن الموضع والحركة يقع كل منهما في مستوى للحقيقة مختلف عن مستوى الآخر، وأنهما لا يمكن أن يظهرا واضحين معاً في وقت واحد، وبهذا ينهار الأساس الذي أرتكزت عليهقاعدة الجبرية القديمة.

أو كأن الكون قد تراخت أوصاله، وأصاب تركيبه الآلي شيء من "التخلخل" الذي نراه في آلة بالية. غير أن هذا التشبيه مضلل إذا فهم منه أن الكون قد أصبح بطريقة مّا بالياً أو ناقصاً، ذلك أن "التخلخل" أو "تراخي الأوصال" في الآلة القديمة أو البالية يختلف مقداره بأختلاف مواضعه، أما في العالم الطبيعي فإن هذا المقدار

يقاس بذلك الكم الغامض الذي يطلق عليه "ثابت بلانك" [1]، والذي لا يتغير مطلقاً في الكون كله، ويمكن قياس مقداره في المعمل وفي النجوم بطرق لا تحصى، وهو في جميع الأحوال واحد بالضبط. ومهما يكن شكل "تراخي الأوصال" المذكور فإن في وجوده منتشراً في جميع أنحاء الكون ما يقضي على مذهب السببية الدقيق الصارم الذي ينطبق على الآلات كل الأنطباق.

وهذا اللبس الذي لفت النظر إليه هايزنبرج شخصي في طبيعته من بعض الوجوه دون بعضها، فإذا كنا لا نستطيع أن نحدد مكان الكهرب أو سرعته بدقة تامة فإن هذا العجز يرجع بعضه إلى عدم الدقة في الأجهزة التي نستخدمها، كما لا يستطيع إنسان أن يزن نفسه بدقة تامة إذا لم يكن لديه أوزان أقل من الرطل. ولما كانت أصغر وحدة يعرفها العلم هي الكهرب لم يكن في متناول يد العالم الطبيعي وحدات أصغر منه. على أن السبب المباشر للمشكلة لا يرجع في الحقيقة إلى مقدار هذه الوحدة المعين، بِقدر ما يرجع إلى تلك الوحدة الغريبة التي أدخلتها "نظرية الكم" لبلانك– ذلك بأن هذه الوحدة تقيس سعة "القفزات" التي تتحرك بها الطبيعة، وما دامت هذه القفزات ذات سعة معينة محدودة فإن من الصعب الحصول على قياسات دقيقة، كما أن من الصعب على إنسان أن

---

(1) Planck's constant

يزن نفسه وزناً دقيقاً بميزان لا يتحرك دليله إلا بقفزات.

على أن هذا اللبس الشخصي لا علاقة له بمسالتي النشاط الإشعاعي والإشعاع اللتين سبق بحثهما في صفحتي ٢١ و٢٥، كما أنه توجد في الطبيعة مظاهر أخرى كثيرة يخطؤها الحصر، لا يمكن أن تسلك في نظام منسجم إلا إذا أدخلت فيها فكرة عدم قابلية التحديد، في بعض المواضع وبطريقة مّا.

وهذه الأعتبارات وأخرى غيرها سنعود إليها فيما بعد (أنظر صفحتي ٤١ و١٣٥) قد حملت كثيرين من علماء الطبيعة على أن يفرضوا عدم وجود الجبرية في الحوادث التي يكون للذرات والكهارب منفردة دخل فيها، وأن الجبرية الظاهرية في الحوادث الكبيرة المقياس ليست في طبيعتها إلا عملاً إحصائياً محضاً، ويصف ديراك [1] الموقف فيما يأتي:

"إذا رصدت مجموعة من الذرات... في حالة معينة، فالنتيجة لا تكون بوجه عام محددة، أي أنه إذا أعيدت التجربة عدة مرات في أحوال متشابهة، فقد تؤدي إلى نتائج متعددة مختلفة؛ فإذا أعيدت هذه التجربة مرات كثيرة فإن كل نتيجة معينة تتكرر عدداً من المرات يظل محتفظاً بنسبة ثابتة إلى عدد مرات التجربة، وإذن ففي وسع

---

(١) P. A. M. Dirac

الإنسان أن يقول بأحتمال الحصول على هذه النتيجة كلما أجريت التجربة. والنظرية تمكن الإنسان من أن يحسب مقدار هذا الأحتمال، وقد تكون نسبة الأحتمال في أحوال خاصة واحداص صحيحاً، وعندئذ تكون نتيجة التجربة مقطوعاً بها".

ونستطيع أن نصوغ هذه النتيجة في عبارة أخرى فنقول: إننا عندما نعرض للذرات والكهارب وهي في مجموعات، فإن قانون المتوسطات الرياضي يحتم الجبرية التي عجزت عن إدراكها القوانين الطبيعية.

ونستطيع أن نوضح الفكرة بذكر حالة مماثلة للحالة السابقة في حياتنا العادية. إننا إذا قذفنا بقطعة من النقود إلى أعلى، فليس لدينا من العلم مانستطيع أن نقرر به هل تقع هذه القطعة على وجهها أو على ظهرها، ولكنا إذا قذفنا بمليون طن من قطع النقود هذه في الهواء، فإننا نعلم أن ٥٠٠,٠٠٠ طن منها ستقع على وجهها، وأن الـ ٥٠٠,٠٠٠ طن الأخرى ستقع على ظهرها. وقد تعاد التجربة مرة بعد أخرى، ولكن النتيجة ستكون واحدة فيها جميعاً، وقد يغرينا هذا بأن نعدّه دليلاً على أنتظام الطبيعة، وأن نستنبط أنه أثر لفعل قانون السببية، مع أنه في حقيقته ليس إلا أثراً لفعل قوانين المصادفة الرياضية البحتة.

على أن عدد قطع النقود في مليون طن منها لا يعدّ شيئاً إذا قيس بعدد الذرات، حتى في أصغر قطعة من أية مادة أجرى عليها علماء الطبيعة الأوّلون تجاربهم، ومن هذا يرى كيف كان من السهل أن يتسلل وهم الجبرية إلى العلم، إن كانت الجبرية وهماً.

وليس لدينا حتى الآن معلومات موثوق بها عن أية مسألة من هذه المسائل. على أن هناك عدداً من علماء الطبيعة، وإن كنت أظن أن هذا العدد آخذ في التناقص بسرعة كبيرة، يتوقع أن قانون السببية الصارم سيستعيد في نهاية الأمر مكانته القديمة في العالم الطبيعي بطريقة مّا، ولكن الأتجاه الحديث في تقدّم العلم لا يقوّي مركزهم في ذلك. ومهما يكن من شيء فإن السببية الصارمة ليس لها الآن مكان في صورة الكون التي يعرضها علينا علم الطبيعة الحديث، وقد نتج من ذلك أن صار في هذه الصورة أكثر مما كان في صورة الكون الآلية القديمة، متسع للحياة والشعور يقومان فيه مع الصفات الأخرى التي نقرنها عادة بهما مثل الإرادة الحرة والمقدرة على تغيير الكون إلى حدّ ما بوجودنا فيه، وذلك في حدود الصورة نفسها. ومبلغ علمنا، أو مبلغ ما يستطيع العلم الحديث أن يناقض به علمنا، أن الأقدار المسيطرة على ذرات مخنا قد تكون هي عقولنا نحن، وقد تكون هذه العقول هي التي تؤثر بوساطة هذه الذرات في حركة أجسامنا، فتؤثر بذلك في أحوال العالم الذي يحيك بنا. ولم يعد

العلم اليوم قادراً على ألا يجيز هذا الأحتمال؛ فليس لديه حجج دامغة يردّ بها على ما هو متأصل فينا من الأعتقاد بأن لنا إرادة حرة. على أن هذا العلم مع ذلك لا يشير أية إشارة إلى ما قد يكون لعدم وجود السببية أو الجبرية من معنى؛ فإذا كنا نحن والطبيعة بوجه عام لا نستجيب بطريقة فذة للمؤثرات الخارجية، فما الذي يحدد مجرى الحوادث؟ فإذا كان ثمة مؤثر أياً كان نوعه، فإن هذا يلقي بنا في أحضان الجبرية والعلية، وإذا لم يكن ثمة شيء من ذلك، فكيف يستطيع حادث أن يحدث؟

وفي رأيي أنه ليس من المتحمل أن نصل إلى نتائج قاطعة في هذه المسائل، إلا إذا فهمنا فهما جيداً طبيعة الزمن الحقيقية خيرا مما نفهمها الآن، وإن قوانين الطبيعة الأساسية، بقدر ما نعرفها في الوقت الحاضر، لا تقول لنا لم يمر الزمن بلا أنقطاع؟ بل هي مستعدة لأن تجيز أحتمال بقائه ثابتاً لا يتحرك بقدر ما تجيز أحتمال رجوعه القهري، ذلك أن تقدم الزمن إلى الأمام بلا أنقطاع، وهو جوهر الصلة بين العلة والمعلول، إنما هو شيء أضفناه من تجاربنا الخاصة إلى قوانين الطبيعة المحققة، ولسنا ندري هل هو متأصل في طبيعة الزمن وإن كانت نظرية النسبية تهم أن تسم الرأي القائل بتقدم الزمن تقدماً مستمراً، وبوجود الصلة بين العلة والمعلول، تهم أن تسم هذا الرأي بميسم الوهم والخداع، كما سيتضح لنا بعد قليل. وهي

تعد الزمن مجرد بعد رابع يضاف إلى أبعاد الفضاء الثلاثة. وإن القول بأن "مايحدث نتيجة لما سبق أن حدث" قد لا يكون أكثر أنطباقاً على تتابع أحداث الزمن منه على تتابع أعمدة البرق [1] .

إن ماهية الزمن وما يكتنفها من غموض هي التي تمنع أفكارنا من التقدم وتقف بها عند حد محدود؟ وإذ كان الزمن من المسائل الأساسية، وإذا كان فهمه على حقيقته سيظل أبداً فوق مستوى مداركنا، فأكثر ظننا أننا سنظل أعجز من أن نقضي برأي حاسم في النزاع الطويل الأمد بين الجبرية والقدرية.

على ان أحتمال إلغاء مبدأ الجبرية وقانون النسبية من علم الطبيعة يعدّ إلى حدّ ما من التطورات الحديثة في تاريخ "نظرية الكم"، فقد كان الغرض الأول من هذه النظرية توضيح ظواهر معينة في الإشعاع؛ وإذا أردنا أن نفهم هذه المسألة كان علينا أن نرجع بخطواتنا إلى الوراء إلى عهد نيوتن والقرن السابع عشر.

إن أوضح الحقائق المعروفة عن شعاع من الضوء، أو أوضحها على الأقل لمن ينظر إليها نظرة سطحية، هي ميله إلى السير في خط مستقيم. فمن الأشياء المعروفة لكل إنسان أستقامة حواف حزمة من

---

(1) يشير المؤلف هنا إلى أعمدة البرق على طول الطريق الشمالي الكبير(Great North Road) في أنجلترا وهو معروف للقاريء الإنجليزي.

ضوء الشمس في حجرة مغبرة. ولما كان من طبيعة الجسيم من المادة، وهو يتحرك بسرعة، أن يسير أيضاً في خط مستقيم فقد كان من الطبيعي أن ينظر العلماء الأوّلون إلى الضوء نظرتهم إلى سيل من الجسيمات يقذف من منبع ضوئي، كما يخرج الخردق من البندقية، وقد أعتنق نيوتن هذا الرأي وزاده دقه وإيضاحاً في نظريته المعروفة في الضوء "بنظرية الدقائق".

غير أن من الأمور المشاهدة المألوفة أن شعاع الضوء لا يسير دائماً في خط مستقيم، فالإنعكاس يحوّله فجأة، وهذا ما يحدث له عندما يسقط على سطح مرآة، وكذلك يمكن أن يغير طريقه بالإنكسار، كما يحدث عندما يدخل في ماء، أو في أي وسط سائل. وهذا الإنكسار هو الذي يجعل مجدافنا يظهر منكسراً عند مدخله في الماء، وهو الذي يجعل النهر يظهر أقل عمقاً مما نجده عندما نخوض فيه. ولقد كانت القوانين التي تنقاد لها هذه الظواهر معروفة جيداً حتى في عصر نيوتن، فقد كانوا يعرفون في حالة الإنعكاس أن زاوية سقوط شعاع الضوء على المرآة هي نفس الزاوية التي يرجع بها الشعاع بعد إنعكاسه عنها، أي أن الضوء يرتد عن المرآة كما ترتد كرة التنس عن أرض ملعب تام الصلابة. كذلك كان معروفاً في حالة الإنكسار أن جيب زاوية السقوط ذو نسبة ثابتة إلى جيب زاوية الإنكسار، ولذلك نرى نيوتن يجهد نفسه في البرهنة على أن دقائقه

الضوئية تتحرك طبقاً لهذه القوانين إذا وقعت تحت تأثير بعض قوى معينة على سطحي مرآة أو سائل كاسر للضوء، وإليك نظريت ٩٤ و٩٦ من كتاب "البرنكيبيا" [١] .

نظرية ٩٤

"إذا فصل وسطان كل منهما عن الآخر بفراغ ينتهي من الجانبين بمستويين متوازيين، وكان جسم في أثناء تحركه في هذا الفراغ يجذب أو يدفع عمودياً نحو أحد هذين الوسطين، ولم تكن تحركه أو تعوقه أية قوة أخرى، وكان الجذب واحداً في كل نقطة على مسافات متساوية من كل من المستويين في أتجاه واحد نحو المستوى– أقول إن هناك نسبة معينة بين جيب زاوية السقوط على أحد المستويين وجيب زاوية الخروج من المستوى الآخر".

نظرية ٩٦

"إذا فرضت هذه الأشياء نفسها، وكانت السرعة قبل السقوط أكبر منها بعده– أقول إذا أميل خط السقوط بأستمرار، فإن الجسم ينعكس آخر الأمر، وتكون زاوية الإنعكاس مساوية لزاوية السقوط".

وقت لاقت نظرية الدقائق لنيوتن حتفها حين تحقق أنه إذا سقط

---

(١) ألف نيوتن كتابه المسمي (Principia) باللغة اللاتينية وقد ضمنه لأول مرة قوانين الحركة كما هي في شكلها الحاضر، ومباحث طبيعية أخرى.

شعاع ضوئي على سطح الماء لا ينكسر منه إلا بعضه ثم ينعكس ما بقى منه، وهذا الجزء الأخير هو الذي يحدث ما نشاهده من إنعكاس الأجسام في البحيرة، أو إنعكاس مويجات ضوء القمر على سطح ماء البحر. وقد أعترض على نرية نيوتن بأنها لا تستطيع أن تعلل هذا الإنعكاس، لأنه لو كان الضوء يتكون من دقائق لوجب أن يكون عمل القوى التي على سطح الماء في هذه الدقائق كلها واحداً؛ فإذا أنكسرت دقيقة واحدة وجب أن تنكسر الدقائق كلها، ومعنى هذا ألا تكون للماء أية مقدرة على أن يعكس صورة الشمس أو القمر أو النجوم. وقد حاول نيوتن أن يواجه هذا الأعتراض، فعزا إلى سطح الماء "أطوار نفاذ وإنعكاس متعاقبة"، فالدقيقة التي تقع على السطح في لحظة معينة يسمح لها بالنفاذ فيه، لكن الباب يغلق وراءها في اللحظة التالية، ويمنع رفيقتها من الدخول فيحدث الضوء المنعكس. وقد كانت هذه الفكرة سابقة "لنظرية الكم" الحديثة ومشابهة لها بشكل يدعو إلى الدهشة والأستغراب، لأنها ألغت فكرة أنتظام الطبيعة وأحلت نظرية الأحتمالات محل نظرية الجبرية، غير أنها عجزت عن أن تقيم الدليل المقنع في ذلك الوقت.

ومهما يكن من أمر هذا الأعتراض فقد واجهت نظرية الدقائق صعوبات أخرى أشد خطراً من هذه الصعوبة الأولى. ذلك أن الضوء إذا درس دراسة مفصلة دقيقة، تبين أنه لا يسير في خطوط مستقيمة

كل الأستقامة تشعرنا بأن الجسيمات تتحرك، فكل جسم كبير كالمنزل أو الجبل يلقي ظلاً محدوداً يتقي به وهج الشمس كما يتقي به وابل الرصاص. ولكن الجسم الصغير، كالسلك الرفيع جداً أو الشعرة أو الخيط، لا يلقي مثل هذا الظل؛ فإذا وضعناه أمام حاجز لم يحجب الضوء عن أي جزء منه بل إن الضوء يحاول بطريقة مّا أن ينحني حوله، فلا نرى له ظلاً حدوداً، بل نرى ناطق متعاقبة ومتوازية، مضيئة ومظلمة نسبياً تعرف "بمناطق التداخل". وإلى القاريء مثالاً آخر: إن ثقباً كبيراً مستديراً في حاجز يسمح للضوء أن ينفذ منه على شكل بقعة ضوئية مستديرة، ولكنك إذا ضيقت الثقب، حتى صار مثل ثقب أصغر دبوس، ثم أستقبل الشكل المتكوّن على حاجز آخر يقع وراء الأول، فإنك لا تراه بقعة ضئيلة مستديرة من الضوء، بل تراه يتكوّن من حلقات كبيرة متحدة المركز، تتعاقب فيها حلقات مضيئة ومظلمة هي "حلقات الحيود". ويوضح شكل ١ بلوحة ٢ (أنظر ص ٤٧) صورة أمكن الحصول عليها، بإمرار حزمة ضوئية خلال ثقب دبوس، وأستقبالها على لوح فوتوغرافي، ونرى في هذه الصورة أن جميع الضوء الذي يقع خارج دائرة الثقب قد أنحنى بطريقة ما حول حافة الثقب نفسه.

وقد رأى نيوتن في هذه الظواهر دليلاً على أن "دقائقه الضوئية" قد جذبتها مادة صلبة فقد كتب في ذلك يقول:

"إن أشعة الضوء التي في هوائنا عند مرورها بقرب زوايا الأجسام، الشاف منها والمعتم، (كالحواف المستديرة أو المستطيلة للنقود أو السكاكين أو القطع المنكسرة من الحجر أو الزجاج) تنحني حول هذه الأجسام، كأنما هي منجذبة إليها. وأشد الأشعة إنحناء أقربها في أثناء سيرها إلى هذه الأجسام، كأنما هي أكثر أنجذاباً إليها".

وفي هذا أيضاً أستعجل نيوتن علم هذا العصر الحاضر قبل مجيئه أستعجالاً يدعو إلى الدهشة- ذلك أن هذه القوى التي أفترضها تشابه كل الشبه "القوى الكمية" في نظرية الميكانيكا الموجية. غير أن هذه القوى قد عجزت عن أن توضح ظاهرى "الحيود" توضيحاً مفصلاً، ولذلك لم يلق قبولاً.

وقد فسرت هذه الظواهر وغيرها على مر الزمن تفسيراً مرضياً، فقد فرض أن الضوء يتكوّن من موجات، تكاد تشبه الموجات التي تثيرها الريح في البحر، مع فارق واحد وهو أنه عوضاً عن أن يكون طول كل موجة عدة ياردات، فإن آلافاً كثيرة من هذه الموجات مجتمعة لا يزيد طولها على بوصة واحدة. وموجات الضوء تنحني حول الحاجز الصغير، كما تنحني موجات البحر حول صخر صغير سواء بسواء، والحاجز الصخري الذي يبلغ طوله عدة أميال يكاد يقي من أمواج البحر كل الوقاية، على حين أن الصخر الصغير لا

يفيد في هذه الوقاية، لأن الأمواج تمر حوله من كلا جانبيه ثم تلتقي خلفه كما تلتقي موجات الضوء خلف الشعرة أو الخيط الضئيلين؛ وكذلك لا تسير أمواج البحر التي تصطدم بمدخل الميناء في خط مستقيم إلى داخله، ولكنها تنحني حول حافات حاجز الأمواج ويضطرب لها سطح الماء كله في الميناء.

ويبين شكل ١ بلوحة ٢ (أنظر ص ٤٧) "التجعد" الحادث وراء ثقب دبوس، والذي أحدثته موجات ضوئية أنحنت حول حافات الثقب كما تنحني أمواج البحر حول حاجز الأمواج. والخلاصة أن القرن السابع عشر كان يعدّ الضوء وابلاً من الجسيمات، فلما عرف في القرن الثامن عشر أن هذا الرأي لم يعلل تعليلاً مقبولاً بعض الظواهر الصغيرة المقياس كالتي وصفناها الآن، أستبدلت بفكرة وابل الجسيمات فكرة قُطُر الموجات.

غير أن هذا الأستبدال قد جاءت معه صعابه الخاصة به؛ ذلك أنه إذا أمرَ ضوء الشمس في منشور، تحلل إلى "طيف" من الألوان، كألوان قوس قزح، هي: الأحمر- البرتقالي- الأصفر- الأخضر- الأزرق- النيلي- البنفسجي. فإذا كان الضوء يتكوّن من أمواج كأمواج البحر، كان لا بد أن توجد كل الأضواء النايجة من تحليل ضوء الشمس فس الطرف الأقصى من اللون البنفسجي في الطيف. يضاف إلى هذا أن لموجات اللون البنفسجي القصوى قدرة غير

محدودة على أمتصاص الطاقة، وإذ كانت هذه الأمواج على الدوام ظمأي لأبتلاعها، فقد كان لا بد أن تتحوّل كل طاقة الكون بسرعة إلى إشعاعات بنفسجية أو ما بعد البنفسجية، ثم تنبعث في الفضاء.

وقد ظهرت "نظرية الكم" في الوجود لتحاول إصلاح ما في النظرية الموجية للضوء من عيوب، فنجحت في ذلك كل النجاح، وأثبتت أن نيوتن لم يكن مخطئاً كل الخطأ عندما قال بأن الضوء دقائق، لأنها برهنت على أن حزمة الضوء يمكن أن تعدّ وحدات منفصلة قائمة بذاتها تسمى "كمام الضوء" [١] أو "فوتونات" شأنها في ذلك الأنفصال شأن رذاذ مطرة، أو قطع في وابل من الرصاص، أو جزيئات الغاز.

على أن الضوء مع ذلك لا يفقد طبيعته الموجية، فلكل حزمة صغيرة منه مقدار معين من الطول يرتبط بها، ونحن نسمي هذا المقدار المعين "الطول الموجي". فإذا أمرّ هذا الضوء الذي نتحدث عنه في منشور فإنه يسلك كما تسلك بالضبط أمواج لها هذا الطول المعين. ويتكوّن الضوء ذو الأمواج الكبيرة الطول من حزم صغيرة والعكس صحيح. ويتناسب مقدار الطاقة في كل حزمة من الضوء تناسباً عكسياً مع الطول الموجي، ولذلك نستطيع دائماً أن نحسب طاقة الفوتون من طول موجته، والعكس صحيح كذلك.

([١]) أخترنا كلمة "كمام" جمعاً لكلمة "كم" بمعنى مقدار لأننا لم نعثر على جمع لها.

وليس في أستطاعتنا أن نسرد الحقائق الكثيرة التي تقوم عليها هذه الآراء حتى لو أقتصرنا على مجرد التلخيص، وحسبنا أن نقول إنها كلها تشير إلى أن اضوء يسير داخل أجهزة المعمل على شكل ضوءات غير منقسمة، ولم تكشف بعد تجربة من التجارب عن وجود كسر من "كم الضوء" أو "الضوءة" ولا هي تشير إلى أي سبب يدعو حتى إلى الظن بوجوده، ولنضرب لذلك مثلين يعدّان نموذجاً لما يمكن إيراده من الأمثلة.

إن الإشعاع إذا حاطته ظروف مناسبة، يستطيع أن يمزق الذرات التي يقع عليها، ويمكن الأستعانة بدراسة الذرات الممزقة على معرفة مقدار الطاقة التي أطلقت على كل منها فمزقتها. وقد ظهر على الدوام أن هذه الطاقة تساوي بالضبط طاقة كمٍ كامل من الضوء، كما تبين ذلك من أحتساب طول موجته المعروف، فكأن جيشاً من الضوء قد أصطدم بجيش من المادة. ولقد كان معروفاً منذ زمن طويل أن الجيش الثاني يتكوّن من جنود منفردين، هم الذرات، ويظهر الآن أن الجيش الأول يتكوّن أيضاً من جنود منفردين، هم الضوءات، وقد ثبت من دراسة ميدان القتال أن الحرب كانت معارك يناول فيها القرن قرنه على أنفراد.

وهاك مثلاً آخر: لقد قام حديثاً الأستاذ كومبتون [١] من مدينة

---

[١] Professor A. H. Compton of Chicago

شيكاجو بدراسة ما يحدث عندما تقع أشعة سينية على الكهارب، فوجد أن الأشعة تتفرق كأنها تتكوّن من جسيمات مادية من الضوء، أي ضوءات، تتحرك على هيئة وحدات منفصلة، مستقلة بعضها عن بعض، وهي تشبه في هذه الحالة الرصاصات المتساقطة في ميدان القتال، فتصيب كل الكهارب التي تعترض طريقها. ويمكن أحتساب مقدار طاقة الضوءات من مدى أنحرافها عن طريقها على أثر هذه المصادمات، وقد وجد مرة أخرى أن مقدار هذه الطاقة يتفق تماماً مع المقدار المحسوب من طول موجتها.

وهذه الفكرة– فكرة الكم أو الجزء الذي لا يتجزأ من الضوء– ترجع بنا إلى فكرة عدم قابلية التحديد. ذلك أنه توجد طرق مختلفة لتجزيء حزمة ضوئية إلى جزءين يسيران في طريقين مختلفين؛ فإذا أنقصت حزمة الضوء حتى صارت كما واحداً، وجب أن تتبع أحد الطريقين، إذ أنها لا تستطيع أن تتوزع بينهما، لأن الضوءة لا تتجزأ، وأختيارها لأحد الطريقين مسألة أحتمالية وليست حتمية.

ولذلك يلوح أن ما كان يقال في القرن السابع عشر من أن الضوء مجرد موجات– يلوح أن كليهما كان خطأ، أو أن شئت فقل إن كليهما كان صواباً، ذلك أن الضوء وجميع أنواع الإشعاع هو من غير شك عبارة عن جسيمات وأمواج في وقت واحد. ففي تجارب الأستاذ كومبتون أسقط الإشعاع السيني على كهارب منفردة، فسلك

كما يسلك وابل من الجسيمات المنفردة، وفي تجارب لاو [1] وبراج وغيرهما [2] أسقط مثل هذا الإشعاع بالضبط على بلورة جامدة، فسلك في جميع الحالات مسلك الموجات المتعاقبة؛ وهذا ما يقع بالضبط في الطبيعة كلها، فإن الإشعاع الواحد قد يتخذ لنفسه شكل جسيم وموجة في وقت واحد، فهو تارة يسلك مسلك الجسيمات، وتارة يسلك مسلك الموجات، ولم تعرف بعد قاعدة عامة يستدل منها مقدماً أي المسلكين سوف يختاره الإشعاع في أية حالة خاصة.

وواضح أننا لا نستطيع أن نستبقى أعتقادنا في أنتظام الطبيعة إلا إذا أفترضنا أن الجسيمات والأمواج في جوهرها شيء واحد. وهذا ينتقل بنا إلى النصف الثاني من قصتنا، وهو أكصر النصفين إثارة للنفس. فالنصف الأول الذي أنتهينا من سرده الآن هو أن الإشعاع يظهر تارة على هيئة موجات وتارة أخرى على هيئة جسيمات، أما النصف الآخر من القصة فهو أن الكهارب والبروتونات، وهي الوحدات الأساسية التي تتكون منها المادة، (أنظر ص ٦٠) تظهر كذلك على شكل جسيمات حيناً، وعلى هيئة موجات حيناً آخر، فقد كشفت الطبيعة الثنائية للكهارب والبروتونات

(١) M. Laue.

(٢) Sir W. Bragg.

حديثاً، وهي تشبه تلك التي سبق أن عرف وجودها في طبيعة الإشعاع، أي أنها تبدو في شكل جسيمات وموجات معاً.

ولما تنحت نظرية الدقائق التي وضعها نيوتن في طبيعة الضوء عن مكانها للنظرية الموجية، صار من الضروري أن فسر كيف تستطيع موجات متعاقبة أن تسلك مسلك وابل من الجسيمات، فتسير في خط مستقيم، إلا إذا أنحرفت عن مجراها بسبب إنعكاس أو إنكسار؛ ذلك أنه إذا كانت أشعة الشمس التي تمر خلال ثلمة في مصراع نافذة تتكوّن من موجات، فطبيعي أن نتوقع أنتشارها في جميع أنحاء الغرفة، كما ينتشر التموّج فوق سطح بركة بأكمله، أو كما تنتشر حزمة رفيعة جداً من الضوء، بعد أن تنفذ خلال ثقب دبوس، كما في شكل ١ بلوحة ٢ (أنظر ص ٤٧) غير أن ينج [١] وفرزنل [٢] أثبتا أن الموجات المتعاقبة غير المضطربة ذات العرض الكافي يمكن أن تتحرك على هيئة حزمة، بدون أن يحدث أنتشار جانبي محسوس، فكأنها في حرتها هذه وابل من الجسيمات تتحرك من غير عائق يعوقها، وأنها تنعكس عن مرآة بنفس الطريقة التي ترتد بها قذيفة عن سطح تام الصلابة. كذلك ثبت أن مثل هذه المجموعات من الموجات تنكسر طبقاً لقوانين إنكسار الضوء

---

(١) Thomas Young.

(٢) A. Fresnel.

المعروفى، وتبين أخيراً أنه إذا تحركت مجموعة من مثل هذه المجموعات في وسط تتغير قوة كسره للضوء بأستمرار، فإن مسارها يكون مشابهاً لمسار جسيم أضطر إلى أن ينحرف عن طريق مستقيم بسبب قوى تؤثر فيه بأستمرار. وفي الحقيقة أن هذين المسارين يمكن أن يصبحا مساراً واحداً، بجعل القوّة في كل نقطة متناسبة مع تغير مربع معامل الإنكسار، وها يعلل نجاح نظريتي نيوتن المرقومتين ٩٤و ٩٦ واللتين أثبتناهما في صفحتي ٣٥ و٣٦.

ومن هذا يرى أن كل ا تستطيع أن تقوم به جسيمات نظرة الدقائق التي وضعها نيوتن لشرح طبيعة الضوء، تستطيع أن تقوم به موجات متعاقبة، بل إن هذه تستطيع أن تقوم بأكثر من هذا بسبب تعقدها الشديد. وفي كل حالة يتضح فيها فشل الجسيمات في أن تظهر بمظهر الضوء وجد أن أعتبارها مجموعة من الموجات يمكن أن يؤدي هذه المهمة على الوجه الأكمل. وهكذا أستحالت جسيمات نيوتن المفروضة إلى مجموعات من الموجات.

ولقد شهدت السنون القلائل الماضية الجسيمات التي تتكوّن منها المادة العادية، أي البروتونات والألكترونات، تتحوّل إلى مجموعات من الموجات بمثل هذه الطريقة السابقة؛ ووجد في كثير من الأحوال أن سلوك الإلكترون أو البروتون معقد تعقيداً لا يسمح بتفسيره على أنه حركة جسيم لا أكثر؛ ولهذا حاول لويس دي برولي

(١) وشرودنجر (٢) وغيرهما أن يفسروا سلوكه بسلوك مجموعة من الأمواج، وبهذه الطريقة أو جدوا فرعاً جديداً من فروع الطبيعيات الرياضية، صار يعرف الآن بأسم "الميكانيكا الموجية".

وإذا راقبنا كرة تنس عادية وهي ترتد على سطح ملعب تام الصلابة، فإننا نجد أن حركتها هي نفس حركة شعاع من الضوء إنعكس عن سطح مرآة، ولذلك نستطيع أن نقول بحق إن الكرة قد "إنعكست" عن سطح الملعب، غير أننا لم نكتسب شيئاً كثيراً من هذا الكشف. نعم إن ذلك قد يمكننا من أن نفهم كرة التنس على أنها مجموعة من الموجات إذا أردنا ذلك، لكن من الأسباب التي تمنعنا من هذا أننا نرى- أو أنظن أننا نرى- أن كرة التنس ليست مجموعة من الموجات.

وإذا لم يكن الجسم المتحرك كرة تنس بل كان كهربا فإن الأمر يختلف عن هذا؛ ذلك أنه وجد أن حركة الكهرب وهو يرتد عن سطح مّا تشبه حركة مجموعة من الموجات، فلا شيء يمنع أن يكون الكهرب مجموعة من الموجات، وإذن لا يستطيع أحد أن يقول: "هذا شيء لا يعنيني- إني أستطيع أن أرى الكهرب، وواضح أنه ليس مجموعة من الموجات" هو لا يستطيع أن يقول ذلك، إذ لم

---

(١) Louis de Broglie

(٢) E. Schrödinger

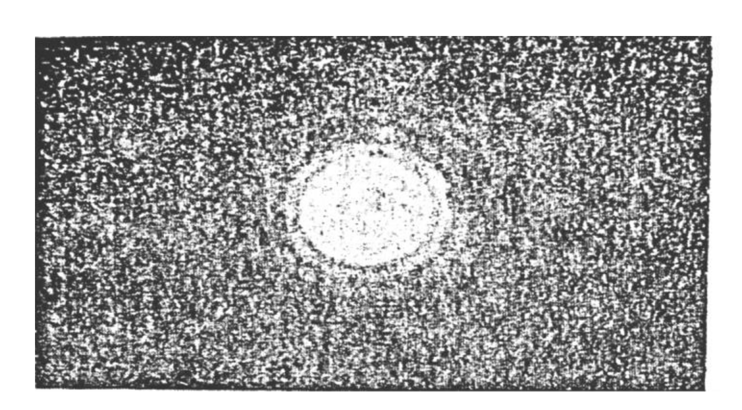
يسبق لأحد أن رأي كهربا أو كانت له أقل فكرة عن مظهره، وفي وسعنا أن نعدّ الكهرب مجموعة من الموجات، كما عددنا دقائق نيوتن الضوئية مجموعة من الموجات. وإذا شئنا أن نعرف هل الكهرب مجموعة من الموجات حقاً، وجب أن نرجع إلى الظواهر التي يسلك فيها جسيم جامد وجموعة من الموجات مسلكين مختلفين.

ولقد كانت الظواهر التي يسلك فيها الكهرب أبداً المسلك الذي ينتر أن يسلكه ما دمنا نعدّه جسيماً- كانت هذه الظواهر هي بالضبط مجموعة الظواهر التي نتطلع إليها، وقد وجد في كل حالة منها أن الكهرب يسلك بالضبط كما تسلك مجموعة من الموجات. ونذكر بصفة خاصة ظاهرة أرتداد وابل من الكهارب عن قرص معدني، فأنها لا ترتد أرتداد حبب البَردَ أو كرات التنس، لكنها تحدث شكلاً من أشكال ظاهرة الحيود (أنظر ص ٣٧) كما تفعل مجموعة من الموجات (أنظر شكل ٣ بلوحة ٢) ومثل ذلك يحدث إذا أطلق وابل من الكهارب خلال فتحة ضيقة، فإنها تنتشر أنتشاراً جانبياً، وتحدث شكلاً من أشكال ظاهرة الحيود يشبه تمام الشبه الشكل الذي تحدثه موجات من الضوء (أنظر شكلي ١ و٢ بلوحة ٢).

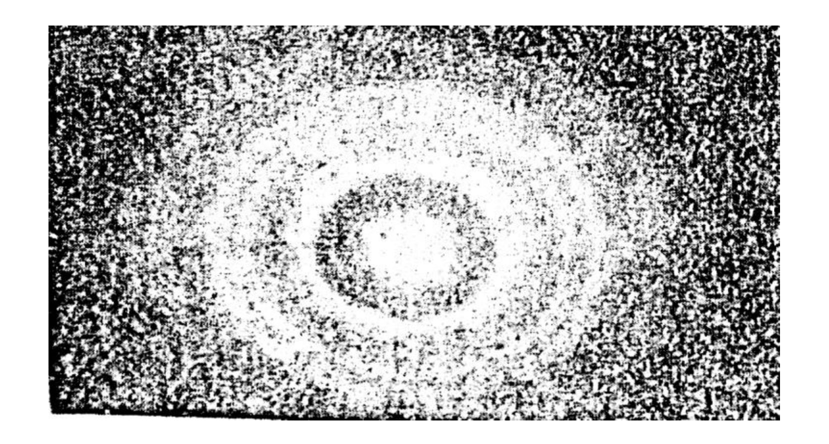
وهذا لا يثبت بالطبع أن الكهرب يتكوّن حقاً من موجات، ولكنه يثير السؤال الآتي: أليس تصوير الكهرب في صورة مجموعة

من الموجات خيراً من تصويره في صورة جسم جامد؟ والحق أن تصويير الكهرب بصورة مجموعة من الموجات عمل لم يعجز قط عن التنبؤ بسلوك الكهرب، على حين أن تصوير الكهرب على هيئة جسيم جامد عجز عن ذلك في أحوال كثيرة يخطؤها الحصر.

إن النظرية الجديدة– نظرية الميكانيكا الموجية– تثبت أن كهربا أو بروتونا متحركاً يجب أن يسلك سلوك مجموعة من الموجات ذات طول موجي معين؛ وهذا السلوك موقوف على كتلة الجسم المتحرك وعلى سرعة حركته، وليس على شيء سواهما؛ والأطوال الموجية التي تفرضها هذه لوحة رقم ٢ – حيود الضوء والكهارب

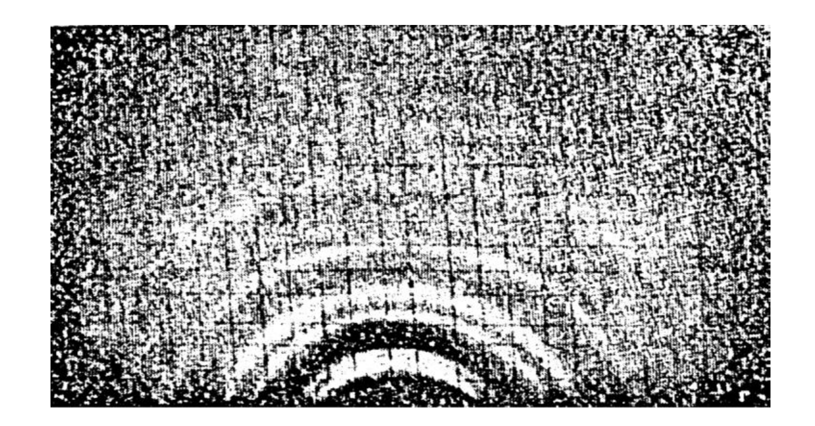


(شكل ١) حلقات حيود ناتجة عن مرور الضوء خلال ثقب ضيق (ثقب دبوس) في حاجز معتم (عن ل. ر. ولبرفورس L. R. Wilberforce)



(شكل ٢) حلقات حيود ناتجة عن مرور كهارب في مساحة صغيرة جداً من سطح غشاء من الذهب (عن ج. ب. طومسون G.P. Thomson)

(تابع) لوحة رقم ٢ – حيود الضوء والكهارب



(شكل ٣) حلقات حيود ناتجة عن إنعكاس كهارب عن مساحة صغيرة جداً من سطح من الذهب (عن ج. ب. طومسون G.P. Thomson)

النظرية للكهارب والبروتونات التي تتحرك في روف المعمل العادية يسهل كثيراً قياسها بما في المعمل من أجهزة عادية.

وقد أجريت تجارب على ما قد نسميه بحق إنعكاس الكهارب وإنكسارها، قام بها دافيسون وجرمر [١] في أمريكا والأستاذ ج.ب. طومسون [٢] في أبردين وروب [٣] في ألمانيا وكيكوشي [٤] في اليابان وغيرهم، فكانت تطلق الكهارب على هيئة حزمة متوازية على سطح معدني أو في خلاله، وفي كل حالة منها لم يكن التأثير الذي سجل على لوح فوتوغرافي موضوع وضعاً مناسباً هو الذي كان يجب أن يحدث لو كانت الكهارب سلكت سلوك وابل من الخردق الصغير أو غيره من الجسيمات الجامدة، بل أمكن في كل حالة الحصول على شكل من أشكال ظاهرة الحيود يتكوّن من مجموعة من الحلقات متحدة في المركز، مضيئة ومظلمة على التوالي، وهو الشكل الذي يمكن الحصول عليه لو أن موجات ذات طول موجي معين سقطت على اللوح. ولما قيس الطول الموجي وجد مطابقاً كل المطابقة لما تنبأ به قانون الميكانيكا الموجية الذي سبق ذكره، وقد نجح مثل هذا النجاح حديثاً الأستاذ أ. ج. دمبستر [٥] في تجاربه على البروتونات المتحركة.

---

(١) C. J. Davisson& L. H. Germer

(٢) Professor G.P. Thomson

(٣) E. Rupp

(٤) S. Kikuchi

(٥) Professor A. J. Dumpster

وقد أوضحت هذه التجارب وغيرها أن أقل ما يمكن أن يقال عن الموجات والأطول الموجية التي تصحب الكهارب والبروتونات المتحركة هو أنها ليست مجردة خرافة، بل إن في طبيعتها من غير شك شيئاً من الطبيعة

الموجية؛ والصورة التي تمثل الكهارب والبروتونات المتحركة على أنها مجموعات موجبة تفسر كل التفسير سلوكها داخل الذرة وخارجها خيراً مما تفسره الصورة القديمة التي كانت تعدها مجرد جسيمات مشحونة بالكهرباء.

وسنبحث في طبيعة هذه الموجات بإسهاب أكثر من هذا فيما بعد (أنظر ص ١٣٤)، وحسبنا هنا أن نقول إن المادة (الكهارب والبروتونات) والإشعاع كليهما ذو طبيعة مزدوجة، وإنه ما دام العلم يتناول الظواهر بمقياس عادي لا يصغر إلى أن يصل إلى عالم الذرات والكهارب، فإن من المستطاع عادة أن نحصل على صورة صالحة إذا فرضنا أن المادة والإشعاع كليهما من نوع الجسيمات؛ ولكن عندما يتغلغل العلم في دراسة الطبيعة، فينتقل إلى دراسة الظواهر الصغيرة المقياس، يجد أن المادة والإشعاع يستحيل كلاهما إلى موجات.

وإذا أردنا أن نفهم طبيعة الكون المادية الأساسية وجب علينا

أن نوجه عنايتنا إلى هذه الظواهر الصغيرة المقياس، ففيها تكمن طبيعة الأشياء النهائية، وإذا كشفنا عنها كان ما نكشف عنه هو الموجات.

وهكذا بدأنا نظن أننا نعيش في كون من الموجات، ولا شيء غير الموجات، وسنبحث في طبيعة هذه الموجات فيما بعد، أما الآن فحسبنا أن نلاحظ أن العلم الحديث قد أبتعد كثيراً عن الفكرة القديمة التي كانت تعدّ الكون مجرد مجموعة من قطع جامدة من المادة، تظهر فيها عرضاً موجات من الإشعاع أحياناً، وسيخطو بنا الفصل التالي خطوة أخرى في هذا الطريق.

الفصل الثالث

المادة والإشعاع

في نشأة العلم الأولى أرتضى العلماء قانون السببية من غير مناقشة، وأتخذوه قاعدة يسترشدون بها في العالم الطبيعي، فأدى ذلك إلى الكشف عن قوانين وضعت في الصيغة العامة القائلة "إن سبباً معيناً (أ) يؤدي إلى نتيجة معروفة (ب)". ومثال ذلك أن الحرارة تصهر الجليد. وإذا عبرنا عن هذا بعبارة مطولة قلنا إن الحرارة تنقص من مقدار الجليد في الكون وتزيد من مقدار الماء فيه.

وقثد كان في أستطاعة الإنسان الأوّل أن يعرف هذا القانون بسهولة، ولم يكن عليه إلا أن يراقب تأثير الشمس في الصقيع، أو تأثير أيام الصيف الطويلة في أنهار الجليد الجبلية، كماكان في أستطاعته أن يلاحظ أن البرد في الشتاء يعيد الماء إلى جليد، ويحتمل أنه أستطاع أن يعرف في مرحلة أخرى من مراحل تقدمه أن مقدار هذا الجليد العائد من تجمد الماء المنصهر يساوي مقدار الجليد الأول قبل أنصهاره، فكان من الطبيعي إذن أن يستدل من ذلك على أن الذي يبقى من غير أن يتأثر مقداره شيء ينتمي إلى طائفة أعم وأشمل من الماء والجليد خلال عملية التحوّل الآتية:

جليد ⟵ ماء ⟵ جليد.

وفي علم الطبيعة الحديث قوانين مألوفة من هذا الطراز يطلق عليها "قوانين عدم الفناء". وما ذل الكشف الذي نعزوه إلى الإنسان الأوّل سوى حالة خاصة من حالات قانون عدم فناء المادة. فقانون "عدم فناء س" أياً كانت س هذه معناه أن جميع ما في الكون من س يبقى ثابتاً على الدوام، فلا يستطيع شيء أن يحوّل س إلى شيء آخر غير س. وكل قانون مثل هذا هو بالضرورة قانون فرضي لا يدل في الحقيقة إلا على أننا لم ننجح، برغم ما بذلنا من جهود، في تغيير مجموع مقدار س. وما دمنا قد عجزنا في كل مرة على الرغم مما بذلنا من جهود كبيرة، فإنه يحق لنا أن نضع قانوناً لعدم فناء س، نتخذه على الأقل فرضاً صالحاً للعمل به.

وفي آخر القرن الماضي أقرّ علم الطبيعة ثلاثة قوانين أساسية لعدم الفناء وهي:

(أ) عدم فناء المادة.

(ب) عدم فناء الكتلة.

(ج) عدم فناء الطاقة.

ولا حاجة لأن يتضمن بحثنا هذا قوانين أخرى أقل أهمية، مثل

قوانين عدم فناء كمية الحركة الطولية والزاوية، لأن هذه القوانين مجرد أستنباط من القوانين الثلاثة الأساسية السالفة الذكر.

ولقد كان قانون عدم فناء المادة أكثر القوانين الثلاثة الكبرى قداسة. وقد أستخدمه دمقريطس ولقريطس في فلسفتهما الذرية التي فرضت أن كل أنواع المادة تتكوّن من ذرات لا يمكن أستحداثها ولا تبديلها ولا إفناؤها، وكانت تقرر أن ما يحتويه الكون من مادة يبقى ثابتاً على الدوام لا يتغير، وكذلك يبقى ثابتاً ما يحتويه أي جزء من الكون أو أي حيز في الفضاء من مادة، إلا بقدر ما يعتريه من تغير بإدخال ذرات فيه أو إخراجها منه. وكان الكون في نظر هذه الفلسفة مسرحاً لممثلين لا يتغيرون أبداً– هم الذرات– يمثلون عليه أدوارهم، ويختلف عن بعض في تخفيهم وتجمعهم دون أن يحدث تغيير في ذاتيتهم، وهم فيه يتمتعون بالخلود.

وكان القانون الثاني، قانون عدم فناء الكتلة، أكثر حداثة في الوجود. فقد فرض نيوتن أن في كل جسم أو قطعة من مادة مقداراً متصلاً به لا يتغير، هو كتلته التي يقاس بها "قصوره الذاتي" أو عدم رغبته في تغيير حركته. فإذا لزم لسيارة ما ضعف القوّة الآلية التي لسيارة أخرى ليكون في مقدورنا أن نتحكم في سرعة الأولى كما نتحكم في سرعة الثانية، قلنا أن كتلة السيارة الأولى ضعف كتلة السيارة الثانية. وكذلك يقرر قانون الجاذبية أن قوّتي الجذب

الواقعتين على جسمين تتناسبان بالضبط مع كتلتيهما، فإذا ثبت أن قوّتي جذب الأرض لجسمين متساويتان وجب أن تكون "كتلتاهما" متساويتين أيضاً، ويتبع ذلك أن تكون أسهل طريقة لتقدير كتلة جسم مّا هي أن يوزن هذا الجسم.

وقد أثبت علم الكيمياء على مر الزمن أن "ذرات" لقريطس لا يحق لها أن تسمى بأسمها اليوناني (١)، الذي يعني أنها "غير قابلة للتجزئة"، فقد ثبت أن الذرات ليست "غير قابلة للأنقسام"، ولذلك سميت "جزيئات"، وأحتفظ بأسم "الذرة" للوحدات الصغيرة التي يمكن أن تنقسم إليها الجزيئات. ويمكن أن تقسَّم الجزيئات وأن يعاد ترتيب ذراتها بطرق كثيرة، فقد يكفي لذلك مجرد حدوث تماس بينها وبين جزيئات أخرى كالذي يحدث عندما يصدأ الحديد، أو عندما يضاف حامض إلى فلّز، كما يمكن تقسيم الجزيئات بالأحتراق أو الفرقعة أو الحرارة أو سقوط الضوء؛ فإذا وضعت مثلا زجاجة من فوق أكسيد الأيدروجين في مكان معرض للضوء، فإن مجرد مرور الضوء خلال السائل يقسم كل جزيء منه (يد٢ أ٢) إلى جزيء من الماء (يد ٢ أ) وذرة من الأوكسيجين (أ)؛ فإذا نزعنا سدادة الفلين عن زجاجتنا سمعنا (طق) نتج عن تصاعد غاز الأوكسيجين، ووجدنا أن بعض فوق أوكسيد الأيدروجين قد تحوّل

---

(١) å- Tέμvεlv

إلى ماء. وكذلك تعيد جزيئات بروميد الفضة ترتيب ذراتها عند سقوط الضوء عليها، وهذا التغير هو أساس التصوير الشمسي.

وفي أواخر القرن الثامن عشر أعتقد لافوازيه أنه وجد أن مجموع وزن المادة بقى ثابتاً لم يتغير في جميع التحولات الكيميائية التي أجراها، وبذلك صار قانون "عدم فناء الكتلة" على مر الزمن من أهم قواعد العلم. غير أننا نعلم الآن أن هذا القانون ليس صحيحاً صحة مطلقة، لأنه وجد أن مجموع وزن الأوكسيجين الذي يتصاعد من زجاجة فوق أوكسيد الأيدروجين، ووزن السائل الذي تبقى يزيد قليلاً على وزن أوكسيد الأيدروجين الأصلي، كما وجد أن اللوح الفتوغرافي يزيد وزنه إذا عرّض للضوء؛ وسنرى بعد قليل أن القانون غير دقيق، لأنه يهمل وزن الضوء الذي تمتصه جزيئات فوق أوكسيد الأيدروجين أو بروميد الفضة.

أما القانون الثالث– أي قانون عدم فناء الطاقة– فهو أحدث القوانين كلها. ويمكن وجود الطاقة على أشكال متعددة مختلفة، وأبسطها الطاقة الخالصة، طاقة الحركة، كحركة قطار على طريق مستو، أو حركة كرة من كرات البليارد على منضدة. وقد أثبت نيوتن أن هذه الطاقة الميكانيكية الخالصة "لا تفنى" فإذا أصطدمت كرتان من كرات البليارد مثلا تغيرت طاقة كل منهما، ولكن مجموع طاقتيهما لا يتغير، وكل الذي يحدث أن تعطي إحداهما من طاقتها

للأخرى، دون أن تكتسب أو تفقد طاقة ما في أثناء هذا التبادل؛ ولكن هذا لا يصدق إلا إذا كانت الكرتان "تامتي المرونة"، وهي حالة مثالية إذا تحققت فإن الكرتين تتباعدان بعد التصادم بنفس السرعة التي كانتا تتقار بأن بها قبل التصادم. غير أنه يبدو دائماً أن الطاقة الميكانيكية تنقص في الحالات الواقعية التي تحدث في الطبيعة، فالرصاصة تفقد من سرعتها في أثناء سيرها في الهواء، والقطار يقف بعد زمن مّا إذا وقفت آلته. وفي هاتين الحالتين وأمثالهما تتولد حرارة ويحدث صوت. وقد أثبتت سلسلة طويلة من التجارب أن الحرارة ةالصوت نفسيهما نوعان من أنواع الطاقة، وقد أجرى جول [١] سلسلة من التجارب الهامة فيما بين ١٨٤٠– ١٨٥٠، فقاس الطاقة الحرارية وحاول أن يقيس الطاقة الصوتية بجهاز بدائي يتكوّن من وتر من أوتار الفيولونشلو [٢]؛ ومع أن تجاربه كانت غير دقيقة فإنها أدت إلى أعتبار "عدم فناء الطاقة" قاعدة تتناول كل أنواع الطاقة المعروفة في جميع أشكالها المختلفة، الطاقة الميكانيكية والحرارية والصوتية والكهربية. وخلاصة ما أثبتته تلك التجارب أن الطاقة تتحول ولا تنعدم، وأن ما يفقد في الظاهر من طاقة الحركة يعوض عنه بظهور مقدار مساو له بالضبط من الطاقة الحرارية والصوتية، فطاقة حركة قطار مندفع تعوضها طاقة مساوية لها من صوت المآزل الصارخة،

---

(١) J. P. Joule

(٢) (violoncello) آلة موسيقية تشبه الكمان إلا أنها أضخم منها وأعمق طبقة.

وتسخين العجلات ومصاد المآزل والقبضان.

وأستمرت هذه القوانين الثلاثة طوال النصف الثاني من القون التاسع عشر لا يتحداها متحدّ. وكان عدم فناء الكتلة وعدم فناء المادة يعدّان وقتئذ شيئاً واحداً، لأن كتلة أي جسم كانت تعدّ مساوية لمجموع كتل ذراته؛ وكان هذا بطبيعة الحال تفسيراً سهلا– وأسهل مما يجب في الواقع كما نعرف الآن– لعدم أستطاعة الفعل الكيميائي أن يغير مجموع الكتلة. أما قانون عدم فناء الطاقة الذي كشف حديثاً فقد ظل منفرداً بنفسه بعيداً عن القانونين القديمين. وظل العلماء ينظرون إلى الكون نظرتهم إلى مسرح تقوم ذرات بالتمثيل عليه، وتحتفظ كل منها بذاتيتها وككتلتها طول وقت التمثيل، ويكمل هذه الصورة أن الممثلين يتبادلون فيما بينهم "جوهراً" يعرف بالطاقة، شأنه كشأن الممثلين أنفسهم لا يستحدث ولا ينعدم.

وكان يجب بطبيعة الحال أن تعد قوانين عدم الفناء الثلاثة المذكورة مجرد فروض صالحة لأن يعمل بها، على أن توضع موضع الأختبار بكل الطرق الممكنة، وتنبذ من فورها إذا ما بدت عليها أمارات الفشل؛ ولكن يلوح أن العلماء كانوا يؤمنون بهذه القوانين إيماناً جعلهم يعدّونها قوانين عامة لا تنازع، وكان من عادة علماء الطبيعة في القرن التاسع عشر أن يتحدثوا عن هذه القوانين كأنها هي

المسيطرة على كل الخليقة، وعلى أساس هذا التفكير وضع الفلاسفة قواعدهم التي فرضوها على طبيعة الكون الأساسية.

غير أن هذا كان يشبه الهدوء الذي يسبق العاصفة، وقد كان أوّل نذير بالعاصفة المقتربة بحث نظري قام به السير. ج. ج طمسون [1] أبان فيه أنه من المستطاع تغيير كتلة أي جسم مكهرب إذا ما حرك، كما أبان أنه كلما زادت سرعة هذا الجسم زادت كتلته. وهذا يتعارض مع رأي نيوتن القائل بأن الكتلة ثابتة لا تتغير، فأختفت بذلك من ميدان العلم إلى وقت مّا قاعدة عدم فناء الكتلة.

وبقيت هذه النتيجة ردحا من الزمن مجرد فكرة ليس لها من شأن غير شأنها العلمي، فلم يكن من المستطاع أختبارها بالملاحظة، لتعذر سحن الأجسام العادية بما يكفي من الكهرباء، ولتعذر تحريكها بما يكفي من السرعة لإظهار ما تنبأت له النظرية من تغيير ملحوظ في كتلة هذه الأجسام. غير أنه عندما كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايته بدأ السير. ج.ج طمسون وأتباعه يحطمون الذرة. فأتضح لهم أنها لم تبق غير قابلة للأنقسام، وأنها لذلك لم تعد خليقة بأن تسمى "ذرة" أكثر مما كان الجزيء خليقاً بهذا الأسم من قبل. على أن كل الذي أستطاع هؤلاء العلماء أن يفعلوه هو أن يفصلوا قطعاً صغيرة فقط، وحتى الآن لم يتم تحطيم الذرة إلى

(1) Sir J. J. Thomson

وحداتها النهائية تحطيماً تاماً. وقد وجدت القطع التي تمكنوا من فصلها متشابهة كل التشابه ومشحونه بكهرباء سالبة، فسميت لذلك كهارب "إلكترونات".

ومقدار الكهرباء في الكهارب أكبر كثيراً من مقدار الكهرباء التي يمكن أن توجد في جسم عادي، فالجرام الواحد من الذهب إذا طرق حتى صار أرق ما يستطاع، ثم جعل على شكل ورقة مربعة ضلعها ياردة واحدة، فإنه يمكن إذا واتى الحظ أن تستبقى عليها شحنة كهربائية قدرها ٦٠٠٠٠ وحدة كهربائية أستاتيكية؛ أما الجرام الواحد من الكهارب فإنه يحمل كهربائية دائمة أكبر من السابقة بمقدار تسعة ملايين المليون مرة تقريباً؛ ولهذا السبب ولأنه يمكن بطرق كهربائية جعل الكهارب تتحرك بسرعة تزيد على مائة ألف ميل في الثانية، صار من السهل إثبات أن كتلة الكهرب تتغير بتغير سرعته، وقد أثبتت تجارب دقيقة أن هذا التغير هو بعينه التغير الذي تنبأت به النظرية.

وقد ثبت الآن بفضل أبحاث روذرفورد أن الذرة لا تتكون كلها إلا من كهارب مشحونة بكهربائية سالبة ومن جسيمات مشحونة بالكهرباء، وكان هذا كافيا لأن تصبح العلوم التي تبحث في خواص المادة وتركيبها فروعاً لعلم واحد يشملها جميعاً، هو علم الكهرباء.

وكان فاراداي [1] وكسويل قبل ذلك قد أثبتا أن كل شعاع هو بطبيعته كهربائي، وبذلك أصبح علم الطبيعة كله داخلاً في نطاق علم واحد هو علم الكهرباء.

وبما أن كل جسم هو مجموعة من جسيمات مشحونة بالكهرباء، فإن البحوث النظرية السالفة الذكر تدل على أن كتلة كل جسم متحرك تتغير تبعاً لسرعة حركته، وذلك أن كتلة الجسم المتحرك يمكن أن تعد مكوّنة من قسمين: أحدهما ثابت يحتفظ به الجسم حتى في حالة سكونه ويعرف "بكتلة السكون" والثاني متغير وهو يتبع سرعة حركة الجسم. وقد أثبتت المشاهدات والنظريات معاً أن هذا القسم الثاني يتناسب بالضبط مع طاقة حركة الجسم، فكتلتا كهربين أو كتلتا أي جسمين آخرين متشابهين تختلفان بمقدار ما يكون بين طاقتهما من فروق بالضبط.

وفي عام ١٩٠٥ توسع إينشتين في تطبيق هذه النظرية وعممها تعميماً كبيراً، فقد أثبت أن كل ما يمكن أن نتصوره من أنواع الطاقة، لا طاقة الحركة فحسب، يجب أن تكون له كتلته الخاصة بها؛ وإلا بطلت نرية النسبية. وبهذه الطريقة صارت كل تجربة تجرى لتحقيق نظرية النسبية دليلاً على صحة الفرض القائل بأن للطاقة كتلة؛ وقد دلت بحوث إينشتين على أن كتلة الطاقة أياً كان نوعها موقوفة على

(1) M. Faraday

مقدار الطاقة وحدها وتتناسب معها بالضبط، وهذه الكتلة جد صغيرة أيضاً، فالباخرة موريتانيا [1] مثلا وهي مشحونة شحنة كاملة تزن ما يقرب من ٥٠٠٠٠ طن، فإذا سافرت بسرعة ٢٥ عقدة فإن حركتها لا تزيد من وزنها إلا نحو جزء من مليون جزء من الأوقية، كما أن الطاقة التي يبذلها الإنسان في عمل يدوي شاق خلال حياة طويلة الأمد، لا تزن أكثر من $\frac{1}{60000}$ من أوقية.

وقد كان من الممكن بعد هذا الكشف أن تصحح أوضاع قانون بقاء الكتلة، بعد أن عرف أن الكتلة تتكوّن من مجموع كتلتي السكون والطاقة. ولما كانت كلتا الكتلتين على أنفراد باقية لا تفنى (الأولى لأن المادة باقية والثانية لأن الطاقة باقية)، فلا بد أن تظل الكتلة في مجموعها باقية لا تفنى، فبعد أن كان علم الطبيعة في القرن التاسع عشر يعد بقاء الكتلة نتيجة لبقاء المادة لا لشيء سواه، كشف علم الطبيعة في القرن العشرين أن لبقاء الطاقة أيضاً شأناًفي بقاء الكتلة، وأصبح من المقرر الآن أن السبب الوحيد في بقاء الكتلة هو أن المادة والطاقة باقيتان كلتاهما على أنفراد.

وطالما كانت الذرات معدودة باقية لا تفنى، وأنها كما قال مكسويل " أحجار بناء الكون التي لا نعدم"، فقد كان من الطبيعي

---

(1) Mauretania

أن ينظر إليها على أنها مكونات الكون الأساسية، أي أن الكون كان بالأختصار يعدّ كونا من الذرات ليس للإشعاع فيه إلا أهمية ثانوية. وقد أفترض أن الذرة كانت تتذبذب من حين إلى حين، كما يهتز الجرس إذا ضرب، فتصدر إشعاعاً إلى أمد قصير كما يصدر الجرس الصوت، ثم تعود بعد حين إلى حالة السكون العادية؛ ولكن الإشعاع لم يكن معدوداً من المكوّنات الأولية للمادة، أكثر مما يعد الصوت من المكوّنات الأولية لمجموعات أجراس التنغيم، وهذا يفسر لنا لماذا أستحال على الناس أن يتصوّروا كيف أستطاعت الشمس أن تستمر على الإشعاع آلاف الملايين من السنين أو أكثر، فقد كان الأعتقاد السائد أن ضوء الشمس يحدث بسبب أضطراب الذرات، ولكن أحداً لم يكن يستطيع أن يتصور سبب أستمرار هذا الأضطراب.

وما أن عرف أن الذرة تتكون من جسيمات مكهربة حتى بدأت وجهة النظر تتغير، ذلك أننا مهما بعدنا عن جسم اكهرب، فإننا لن نستطيع أن نخرج عن دائرة أثره فينا بالجذب أو بالطرد، وهذا بدل على أن الكهرب يجب أن يحتل الفضاء كله أياً كان معنى هذا الاحتلال. وقد جعل فراداي ومكسويل الأمر أكثر من هذا وضوحاً، فصوّرا الجسيم المكرب بما يشبه الأخطبوط في تركيبه، أي كأنه جسم مادي يخرج منه شيء يشبه المحسات أو قرون الأستشعار

ويسمى "خطوط القوة" ينتشر في الفضاء كله، فإذا تجاذب جسمان مكهربان أو تنافرا، فسبب التنافر أو التجاذب أشتبا قرون الأستشعار في كليهما بريقة مّا وحدوث الشد أو الدفع بينهما. وقد فُرض أن قرون الأستشعار هذه تتكوّن من قوى مغنطيسية وكهربائية يصدر عنها الإشعاع أيضاً؛ فإذا أصدرت الذرة إشعاعاً، فكل الذي يحدث أنها تطلق بعض قرون الأستشعار فيها في الفضاء، كما يُخرج القنفذ أشواكه من جسمه، وهذا التصوير قد جعل الإشعاع والمادة أوثق أرتباطاً مما كانا من قبل.

ولما كانت أنواع الإشعاع جميعها صوراً وأشكالاً من الطاقة، وجب أن تكون طبقاً لقاعدة إينشتين ذات كتل أيضاً؛ فإذا ما بعثت الذرة إشعاعاً نقصت كتلتها بقدر كتلة الإشعاع المنبعث منها، وهي في ذلك كالقنفذ إذا فرضنا أنه قذف بأشواكه بعيداً عنه، ذلك أن وزنه في هذه الحال ينقص بمقدار وزن شوكه. فإذا أحترقت قطعة من الفحم فإن وزنها لا يساوي وزن ما ينتج عنها من رماد ودخان فقط، بل يجب أن يضاف إلى وزن الرماد والدخان وزن الضوء والحرارة اللذين ينبعثان في أثناء عملية الأحتراق، وعندئذ فقد يكون المجموع الكلي مساوياً لوزن قطعة الفحم الأصلية بالضبط.

ومنذ عام ١٨٧٣ أثبت مكسويل أن الضوء يحدث ضغطاً على أي سطح يقع عليه، ونحن الآن نعد هذا نتيجة حتمية لما يلازم

الإشاع من كتلة. ذلك أن شعاع الضوء هو كتلة تسير بسرعة الضوء وقدرها ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية. وقد لاحظ لبدو [١] ذلك الضغط فيما بعد، ثم وجد نكلس [٢] أن مقداره كما قدره مكسويل. ويمكن رؤية الهدف يرتد من أثر صدمة إسعاع صادر من ضوء لامع كأن رصاصة قد أطلقت عليه، غير أننا نعلم ما يقع تحت حسنا على الارض أن هذه الصدمة الناتجة من الضوء ضعيفة جداً، فإذا أردنا أن نقف على أقوى أثر لهذه الظاهرة، وجب علينا أن نترك الأرض وعلم الطبيعة الذي وصلنا إليه في معاملنا الأرضية، ونستعيض عنهما بالسماء وعلم الطبيعة الواسع الذي يعمل هناك في جفان النجوم الهائلة . فإذا أنت رفعت حرارة قذيفة مدفع عادية من ذات الست بوصات إلى ٥٠ مليون درجة، وهي الدرجة التي يتوقع وجودها في باطن الشمس أو في نجم متوسطالقدر، فإن ضغط الإشعاع المنبعث منها، والذي يشبه ضغط الماء المندفع من خرطوم الحريق، يكفي لأن يحصد كل من يقترب إلى مدى خمسين ميلاً منها. وفي الحق إنّ ضغط الإشعاع داخل النجوم يبلغ من العظم حدّا يكفي لأن يجعل له نصيباً ملحوظاً من وزنها.

وقد ثبت حسابياً أن نحو جزء من عشرة آلاف جزء من الأوقية

---

(١) P. Bedew

(٢) E. F. Nichols

من ضوء الشمس يقع في كل دقيقة على كل ميل مربع من الأرض تحت الشمس مباشرة، وأن هذا المقدار يقع بسرعة الضوء ويحدث في أثناء عودته إلى السكون ضغطاً على الأرض يقدّر من ٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٤ و من الضغط الجوّي، وتبدو هذه الأرقام صغيرة إلى حد يدعو إلى السخرية؛ ولتقريبها إلى ذهن القاريء نقول إن وزن ضوء الشمس الذي يقع على الأرض في مدى قرن أقل من وزن ما يقع من الماء في $\frac{1}{50}$ من الثانية في مطرة غزيرة. على أن هذه الكمية لا تبدو صغير إلا أن ميلا مربعا شيء شديد الضآلة بالقياس إلى الفضاء الفلكي. أما مجموع ما تصدره الشمس من الإشعاع فيكاد يصل بالضبط إلى ٢٥٠ مليونا من الأطنان في الدقيقة، وهو يقرب من أن يكون قدر متوسط ما يمرّ من الماء تحت جسر لندن عشرة آلاف مرة. وهنا نلاحظ ملاحظة عارضة وهي أنه إذا كانت هذه النسبة التي نقدرها بعشرة آلاف خاطئة، فليس الخطأ ناتجاً من أننا لا نعرف بالضبط وزن الإشعاع الشمسي، ولكنه ناتج من أننا لا نعرف بالدقة التامة متوسط مقدار ما يمرّ من الماء في نهر التاميز، ذلك بأن علم الطبيعة الفلكية علم أصح كثيراً من علم حركة السوائل الأرضية.

ويقع على الشمس وزن معين من إشعاع النجوم الأخر، ولكنه لا يذكر إذا قيس بوزن الإشعاع الذي ينساب من الشمس نفسها، ولهذا

فإن الشمس لا تستطيع أن تحتفظ بوزنها إلا إذا كان معدّل ما يدخلها من المادة الحقيقية يقرب من ٢٥٠ مليوناً من الأطنان في الدقيقة.

والشمس في سيرها في الفضاء تكتسح مواد ضالة فيه، على هيئة ذرات أو جزيئات غريبة وجسيمات ترابية ونيازك. وأصل هذه النيازك أجسام صلبة صغيرة، يوجد منها عدد هائل داخل المجموعة الشمسية يدور حول الشمس في أفلاك كأفلاك الكواكب، وهي تندفع أحياناً نحو جوّ الأرض فترتفع درجة حرارتها حتى تصل إلى درجة التوهج بسبب مقاومة الهواء لها في أثناء سقوطها، فتظهر على شكل شهب أو نجوم هاوية؛ وهي تستحيل عادة إلى بخار قبل أن تصل إلى سطح الأرض، ولكن يحدث أحياناً أن يكون حجم أحدها من الكبر حيث لا يتحلل كله، فيبقى منه ما ينجو من تأثير قوّة التهشيم الناتجة من مقاومة الهواء له، فيصل الأرض على شكل حجر يعرف بالحجر النيزكي. وقد يكون حجم هذه الحجارة النيزكية كبيراً جدّاً في بعض الأحيان، فقد حدث في عام ١٩٠٨ أن سقط أحدهما في سيبيريا [١] فأثار زوابع دمرت مساحات كبيرة من الغابات، كما أثارت صدمته للأرض الصلبة موجات أمكن تسجيلها

---

[١] Siberia

على مسافة آلاف من الأميال. وكذلك يوجد في أريزونا [1] أنخفاض كبير يشبه فوهة البركان يبلغ محيطه ثلاثة أميال، ويقال إنه حدث من سقوط حجر أكبر من حجر سيبيريا في أزمنة ما قبل التاريخ. غير أن مثل هذه الحجارة الماردة نادرة الحدوث، أما النيزك العادي فصغير جدّاً لا يزيد عادة على حجم ثمرة الكريز أو حبة الحمص.

وقد قدّر شابلي [2] أن آلاف الملايين من الشهب تقتحم جوّ الأرض يومياً، وهذه كلها تتحوّل إلى تراب وبخار يزيد بقداره وزن الأرض، ويقع على الشمس منها عدد كبير جداً لا يعدّ ما يقع على الأرض شيئاً إلى جانبه، ويقدر بملايين الملايين في الثانية. وأكبر الظن أن هذه الملايين هي التي يتكوّن منها أكبر قسم من المواد الضالة التي تجمعها الشمس، غير أن شابلي يقدّر المجموع الكلي للمواد النيزكية التي تقع على الشمس بما لا يكاد يزيد على ألفي طن في الثانية، وهذا أقل من $\frac{1}{2000}$ مما تفقده الشمس بالإشعاع؛ ولذلك يكاد يكون محققاً أن الشمس تفقد من وزنها بمعدّل ٢٥٠ ميلوناً من الأطنان تقريباً في الدقيقة؛ فجرم الشمس إذن آخذ في النقصان، وهو يزول شيئاً فشيئاً أمام أعيننا، ويذوب كما يذوب جبل

---

(1) Arizona

(2) H. Shapley

الجليد في تيار الخليج [1]، وليس ثمة شك في أن هذا يصدق كذلك على غيرها من النجوم.

وهذه النتيجة تتفق أتفاقاً حسناً مع الحقائق العامة في علم الفلك، فإن ما تجمع من الحقائق الكثيرة يدل على أن النجوم الحديثة التكوين أثقل من النجوم القديمة ولو أنه لا يوجد برهان قاطع على ذلك. وليست النجوم الحديثة أثقل من القديمة بملايين قلائل من الأطنان، بل هي أثقل منها مرات عدة قد تكون عشر مرات أو خمسين مرة، وقد تبلغ مائة مرة في بعض الأحوال. وأبسط تفسير لهذا هو أن النجوم تفقد الجزء الأكبر من وزنها في أثناء حياتها، وتكفي عملية حسابية سهلة لإثبات أن الشمس، التي ينقص وزنها بمعدّل ٢٥٠ مليوناً من الأطنان تقريباً في الدقيقة، تحتاج إلى ملايين الملايين من السنين حتى تفقد الجزء الأكبر، أو على الأقل جزءاً هاما، من وزنها. ولما كانت قصة النجوم الأخرى تكاد تشبه قصة شمسنا فإن في أستطاعتنا أن نحدد للنجوم بوجه عام أعمارا تقدّر بملايين الملايين من السنين.

ولدينا طرق أخرى لتقدير أطوال الأعمار النجمية، فحركة النجوم في الفضاء توضح قدمها السحيق، وهي كذلك تحدد لها أعماراً تبلغ ملايين الملايين من السنين فقد عرفنا أن النجوم يبعد

---

(١) Gùlf-Stream

بعضها عن بعض في الفضاء بعدا يجعل من النادر جداً أن يقترب نجمان أحدهما من الآخر أقتراباً شديداً، ولكن لا بد أن يكون كل نجم قد أقترب عدة مرات من نجم آخر ما دامت النجوم قد عمرت تلك الأعمار الطويلة الهائللة التي تقدّر بملايين الملايين من السنين. وقوّة الجذب التي يمكن أن تحدث بين النجوم في حالات الأقتراب هذه لا تبلغ عادة من الشدة ما يمكنها من تمزيق النجوم وخلق الكواكب، ولكنها تكفي لأن تجعل النجوم تنحرف عن طريقها، وتغير من سرعة تحرها. وفي الكون مجموعات ثنائية من النجوم تتكون كل مجموعة منها من كتلتين منفصلتين متلازمتين تتحركان في الفضاء كأنهما نجم واحداً، فإذا أقترب من إحدى هذه المجموعات نجم آخر فإن ما له من شدة الجذب يعدل من مداريي النجمتين في هذه المجموعة الثنائية.

ويمكن حسبان كل هذه الأحداث حسباناً منفصلاً، نعرف منه بالضبط ما يمكن أن يحدث، إذا صح أن النجوم قد عاشت هذه الأعمار الطويلة المدهشة التي قدّرناها تقديراً مؤقتاً بملايين الملايين من السنين. ويدل الحساب على صحة كل ما أفترضناه، فثمة كل النتائج التي تنبأنا بها، ثم إن أجرام النجوم تدل على أنها قد عاشت ملايين الملايين من السنين.

ويناقض كل ما تقدم نوع آخر من الأدلة يشير إلى نتيجة تختلف

كل الأختلاف، ولذلك يجب أن نناقشها في شيء من التفصيل، وإن كانت تحتاج إلى شيء كبير من الدراية الفنية، وتزج بنا في أعقد مسائل نظرية النسبية العويصة. وسنرى في الفصل التالي أن هذه النظرية تفرض الفضاء مقوّساً كتقوّس سطح الأرض أو شديد القرب منه، وأن هذا التقوّس هو الذي يسبب إنحناء أشعة الضوء الذي يشاهد في حالات كسوف الشمس، وأنه هو الذي يسبب إنحناء أفلاك الكواكب والمذنبات الذي أعتدنا أن نرجع سبب حدوثه لفعل "قوّة جاذبة". وتقول هذه النظرية أن وجود المادة لا يحدث "القوة" التي تعدها تلك النظرية مجرد وهم لا وجود له ولكنه يحدث إنحناء الفضاء. ولكي نذلل ما يواجهنا بسبب ذلك من الصعاب، واحدة بعد أخرى، نفرض مؤقتاً أن وجود المادة هو دون غيره سبب إنحناء الفضاء. فإذا سلمنا بذلك فإن الكون الخالي من كل مادة على الإطلاق يكون فضاؤه غير منحن مطلقاً لعدم وجود المادة التي تسبب إنحناءه، ولذلك يكون حيزه غير محدود. غير أن الكون ليس خالياً من المادة، ولذلك يقدّر حيزه بمقدار ما يحتويه منها، وكلما زادت كمية المادة فيه زاد تقوّس الفضاء وزادت سرعة أنطوائه على نفسه ونقص حيزه، كما أن الدائرة التي ينحني محيطها إنحناء سريعاً تكون أصغر من التي ينحني محيطها بالتدريج.

وثمة تجربة مشهورة تُجرى على إحدى فقاقيع الصابون بعد

كهربتها، وتزيد هذه الفكرة وضوحاً: ضع فقاعة من الصابون نفخت بالطريقة المألوفة على قرص آلة كهربائية تر أنه كلما زادت الآلة وزادت شحنة الفقاعة باكهرباء، زاد حجمها في أثناء ذلك بأستمرار حتى تنفجر في النهاية. ويشبه الكون فقاعة الصابون في هذه الحالة (إلا في أنفجارها في النهاية)، ويرتبط حجم الفقاعة بمقدار ما تحمله من شحنة كهربائية، كما يرتبط حجم الكون بمقدار ما يحتويه من مادة. غير أن بين الفقاعة والكون فرقين أساسيين: الأول أن لفقاعة الصابون مقداراً معيناً من التقوّس المتأصل في تركيبها، ولذلك يكون لها حيز معين محدود يمكن أن تصل إليه حتى ولو كانت غير مشحونة بالكهرباء، أما الكون فإن حيزه يصير غير محدود عندما يخلو من المادة والفرق الثاني هو أن حيز فقاعة الصابون يزداد كلما زادت شحنة الكهرباء فيها، أما الكون فإن حيزه يصغر كلما زاد مقدار المادة فيه، فكلما كثرت المادة الموجودة في الكون قل الفضاء الذي يحتويها.

وقد حاول أينستين أن يتغلب على الأعتراض الأخير وغيره من الأعتراضات، فزاد أوجه الشبه بين الكون وفقاعة الصابون، وتصوّر أن له تقوّساً متأصلاً فيه، زيادة على التقوّس الذي تحدثه فيه المادة، وهذا التقوّس الأخير من نوع خاص يسمح له بأن يزيد حجمه كلما زاد مقدار المادة التي فيه.

ويبقى بعد ذلك فرق هام بين الكون وفقاعة الصابون؛ ذلك أن جميع الكتل الجاذبة التي في الفضاء يجذب بعضها بعضا، ولكن الشحنات الكهربائية التي على سطح فقاعة الصابون تتنافر ويطرد بعضها البعض لأنها شحنات متشابهة، فهي إما سالبة كلها أو موجبة كلها، وينتج عن هذا أن تكون الفقاعة المكهربة جسما ثابتاً كل الثبوت، فإذا أنت أضفت إلى ما فيها قليلاً من الكهربائية فإنها تكيف نفسها في هدوء لمواجهة حالة أتزان جديدة زاد فيها حجمها عن ذي قبل زيادة قليلة، فإذا أنت هززتها بعد ذلك فإنها تواصل الأهتزاز مدة قصيرة، ثم لا تلبث أن تعود إلى حالة السكون بعد ذلك، ولكنها إذا شحنت بمادة جاذبة فإنها لا تبقى ثابتة لما بين الجذب والدفع من خلاف. ويستطيع الرياضي أن يفهم لماذا يكون الأمر كذلك، ومع أن الفرق جد كبير بين كون وفقاعة ذات بعدين مكوّنة من غشاء من رغوة الصابون، فإن البحث الذي أجراه حديثاً القيس لميتر [١] العالم الرياضي البلجيكي يثبت صحة الشبه بينهما، ويثبت فوق ذلك أن مثل هذا الكون الذي نتحدث عنه الآن يصير غير ثابت التكوين، ولا يمكن أن يبقى ساكناً زمناً طويلاً، بل يبدأ من فوره في التمدد إلى ما لا نهاية له، أو في التقلص إلى نقطة، وإذن يكون الحيز الحقيق الذي يشغله كون ذو عمر محدود آخذاً في التمدد أو في التقلص، وتكون الأجسام المختلفة التي يحتويها

---

(١) Abbé Lemâitre

الكون مندفعة كلها متقاربة أو متباعدة بسرعة عظيمة.

وقد وضع لميتر نتائجه على أساس الصورة التي رسمها إينشتين لكون يرتبط حيزه وهو ساكن بمقدار ما يحتويه من المادة؛ وكان الأستاذ دي ستر [١] من مدينة ليدن [٢] قد صوّر الكون في صورة أخرى تختلف عن صورته عند إينشتين كل الأختلاف، فقد فرض مثله أن للكون مقداراً محدوداً من التقوّس تفرضه عليه الخواص المتأصلة في الفضاء والزمن، وأن المادة التي في الكون أضافت له تقوّساً آخر، ولكن لما كانت المادة موزعة في الكون توزيعاً شحيحاً، فإن هذا التقوّس الإضافي قليل الأهمية إذا وازناه بالتقوّس الناتج عن طبيعة الفضاء والزمن. وعندما درس دي ستر خواص الكون الذي تصوّره دراسة رياضية وجد هو أيضاً أن فضاءه يميل إلى التمدد التقلص وأن كل ما فيه من أجرام تميل إلى الإندفاع لكي تتقارب أو تتباعد.

وقد بدأت في أوّل الأمرة صورة الكون التي تخيلها دي ستر كأنها تعارض الصورة الأولى التي تخيلها إينشتين، ولذلك قنع العلماء الرياضيون بالأنتظار حتى يستجدّ ما يحسم الخلاف بينهما. ولكن أبحاث لميتر تدل الآن على أن الصورتين أقرب إلى التتام

---

(١) Prof. W. de Sitter

(٢) Leiden

منهما إلى التعارض، فكلما تمدد كون إينشتين غير الثابت شحت المادة الموجودة فه بالتدريج، حتى ينتهيي به الأمر إلى أن يصير كونا خالياً مثل الكون الذي تصوره دي ستر. ويحق لنا أن نتصوّر كون إينشتين وكون لميتر كأنهما يقعان عند طرفي سلسلة، ولكننا نخطيء إذا تصورنا كلا منهما يندفع في أتجاه مضاد لأتجاه الآخر، بل كل ما في الأمر أنهما يمثلان حدي كونين يحتمل وجودهما، وأن الكون الذي يبدأ من طرف السلسلة الذي فيه كون إينشتين أو قريباً منه ينزلق حتما شيئاً فشيئاً على طول السلسلة نحو الطرف الذي فيه كون دي ستر. فإذا فكرنا في بناء كوننا على هذه الأسس لم يكن السؤال الذي يواجهنا هو: في أي الطرفين يقع هذا الكون؟ بل على أي مسافة من أحد الطرفين يقع؟

ويتشابه هذان الكونان المثاليان الموجودان في طرفي السلسلة، في أن الأجسام الموجودة في كل منهما يجب أن تكون إما مندفعة بعضها عن بعض أو مندفعة بعضها إلى بعض أو مندفعة بعضها إلى بعض. ويصدق هذا على طول السلسلة كلها لا على طرفيها فحسب؛ فإذا كان الكون مبنياً طبقاً لنظرية النسبية، ويكاد لا يكون ثمة شك في أنه كذلك، فلا بد أن تكون أجسامه كلها آخذة في الأقتراب أو الأبتعاد.

وهذه النتائج من الأهمية بمكان، فقد لوحظ منذ عدة سنوات

أن السدم الحلزونية البعيدة تندفع متباعدة عن الأرض كما تدل على ذلك جميع مظاهرها، ولذلك يظن أيضاً أنها تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مروّعة تزداد كلما تعمقنا في الفضاء، وقد وجد أن آخر ما رصد من السدم في جبل [١] ولسن، وهو سديم يعدّ من أبعد السدم التي يمكن رصدها بأستخدام المنظار الكبير الذي قطر مرآته مائة بوصة– قد وجد أن هذا السديم يبتعد عن الأرض بسرعة مروّعة قدرها ١٥٠٠٠ ميل في الثانية. ودرس كل من الدكتورين هبل [٢] وهوماسون [٣] هذا الموضوع دراسة خاصة على جبل ولسن، فوجدوا أن السرعات التي تبتعد بها السدم عنا تتناسب على وجه التقريب مع أبعاد المسافات التي بيننا وبين هذه السدم، وهو ما يجب أن يكون إذا صحت آراء نظرية النسبية في نظام الكون، وقد وجد أن سرعة السديم الذي يصل إلينا ضوؤه في عشرة ملايين من السنين تقرب من ٩٠٠ ميل في الثانية، كما وجد أيضاً أن سرعات السدم الأخرى تتناسب تناسباً تقريبياً، إن لم يكن تاماً، مع أبعادها؛ فقد وجد مثلا أن الضوء السدم المرسوم في لوحة رقم ١ يصل إلينا بعد خمسين مليوناً من السنين، وأن هذه السدم تبتعد عنا بسرعة تقرب من ٤٥٠٠ ميل في الثانية.

---

(١) Mount Wilson

(٢) Dr. E. Hubbel

(٣) Dr. M. Humason

وهذه الأرقام عظيمة الأهمية، لأننا إذا تتبعنا راجعين إلى الوراء طريقها الذي سارت فيه، والذي يمكن أستنباطه من هذه الأرقام، أدى بنا ذلك إلى أن جميع السدم كانت لابد محتشدة بالقرب من الشمس منذ وقت لا يزيد على بضعة آلاف من ملايين السنين، وهذا كله يرجح أننا نعيش في كون يتمدد، وأنه بدأ يتمدد منذ عهد قريب لا يزيد على آلاف قليلة من ملايين السنين.

ولو كان هذا هو مبلغ علمنا عن هذه المسألة لصعب علينا أن نحدد أعمار النجوم بملايين الملايين من السنين، لأن الذي يفهم منه ضمنا أن السدم كانت كلها محتشدة في مكان واحد، أو أنها تتجه كلها صوب منطقة صغيرة من مناطق الفضاء، وظلت كذلك ملايين الملايين من السنين؛ وأنها لم تبدأ تنتشر في أنحاء الفضاء إلا حديثا في غضون الجزء الأخير من الألف جزء من حياتها. فإذا تحقق في نهاية الأمر وجود الحركات التي تبتعد بها السد عنا، فإنه يكون من الصعب أن نقدّر للكون عمراً يزيد على آلاف قليلة من ملايين السنين.

ولكن لا يزال ثمة مجال كبير للشك في صحة هذه السرعة المروّعة، لأننا لم تقدّرها عن طريق المشاهدة المباشرة، بل أستنبطناها أستنباطاً بأستخدام قاعدة تعرف بقاعدة دبلر [1]؛

---

[1] Doppler's Principle

وتفصيلها أن من المشاهدات المألوفة أن الصوت الذي يحدثه بوق سيارة مبتعدة عنا يكون أعمق طبقة (أي أغلظ) منه والسيارة مقتربة منا؛ وطبقاً لهذه القاعدة نفسها يظهر لون الضوء المنبعث من جسم يبتعد عنا أشد حمرة من لون الضوء المنبعث من جسم يقترب منا، واللون في الضوء يقابل الطبقة (الدرجة) في الصوت، فيستطيع الفلكي إذن بتقديره تقديراً دقيقاً لون الخطوط في طيف واضح جد الوضوح أن يعرف هل الجسم الذي يصدر عنه هذا الطيف يقترب منا أو يبتعد عنا، كما يستطيع أن يقدّر سرعة حركته. والسبب الوحيد الذي يظطرنا إلى الظن بأن السدم البعيدة تبتعد عنا هو أن الضوء الذي يصل إلينا منها يظهر أشد حمرة مما يجب أن يكون في الأحوال العادية.

غير أنه توجد عوامل أخرى غير السرعة تؤثر في حمرة الضوء؛ فثقل الشمس يكفي وحده للتأثير في حمرة ضوئها، وتزداد حمرته أيضاً بسبب ضغط جو الشمس، وكذلك يزيد من حمرته في جو الأرض، كالذي نشاهده عن شروق الشمس وغروبها، وإن كانت هذه الزيادة تحصل بطريقة تخالف الطريقتين السابقتين. ويحمر الذوء المنبعث من نوع آخر من النجوم بطريقة غامضة لم يفهمها بعد. وفوق هذا وذاك فإن المسافة وحدها، طبقاً لنظرية دي ستر في الكون، تكفي لأن تسبب أحمرار لون الضوء، ولذلك تظهر أضواء

السدم البعيدة حمراء حمرة غير عادية، حتى لو كانت هذه السدم ساكنة غير متحركة في الفضاء. وقد يحملنا هذا على أن نستنتج أن هذه السدم تبتعد عنا. وليس بين هذه الأسباب كلها سبب يكفي لتفسير ما يشاهد من حمرة في ضوء السدم، غير أن الدكتور زويكي [١] وهو أحد المشتغلين في معهد كليفورنيا [٢] قد أرتأي حديثاً أن هناك سبباً آخر لأحمرار الضوء هو قوة جذب النجوم والسدم للضوء المار بجوارها، كما يُحدث الجذب نفسه ما يشاهد من إنحناء ضوء النجوم في أثناء كسوف الشمس. وقد أثبتت التجارب التي أجراها كمبتون (أنظر ص ٤١) أن الأشعة تنحرف وتحمر أيضاً عندما تصطدم بكهارب في الفضاء. ومن المعروف أن الأشعة تنحرف عندما تتبادل الجذب مع النجوم أو مع غيرها من المواد الأخرى في الفضاء، وفي رأي زويكي أن هذا الأنحراف يصحبه أحمراراً أيضاً.

ولأختيار صحة هذا الرأي فحص تن بروجنكيت [٣] عن الضوء المنبعث من مجموعات كرية مختلفة تكاد أبعادها عنا تتساوى، ولكنها أختيرت بحيث تكون مقادير المواد الجاذبة التي تتخللها مختلفة جد الأختلاف فلاح الضوء المنبعث منها محمراً؛ ولو أن

([١]) Dr. Zwicky

([٢]) California Institute

([٣]) P. ten Bruggencate هو عالم هولندي وكلمة ten باللغة الهولاندية أداة نسب وهي مثل كلمة von الألمانية.

تمدد الفضاء كان السبب في هذا الأحمرار لوحب أن يكون واحداً في المجاميع كلها، ولكن تحقق أن اللون بعيد جداً عن أن يكون منتظماً في الجميع وأنه قريب التناسب جداً مع مقادير المواد التي تتخللها، وهذا هو ما تتطلبه نظرية زويكي بالضبط. وقد ثبت كذلك أن مقدار الأحمرار المشاهد يتفق جد الأتفاق مع ما تنبأ به قانون نظرية زويكي. ولما كان من الصعب أن نتصور أن المجموعات الكرية التابعة للنظام النجمي في مجرتنا يمكن أن تبتعد عنا بنظام واحد، فإن هذا يضعف كثيراً من أفتراضنا أن السدم الحلزونية تبتعد عنا أيضاً، وبخاصة لأن في نظرية زويكي تفسيراً محتملاً لظاهرة أحمرار الضوء الذي نشاهده.

وتوجد أدلة أخرى على أن حركات الأبتعاد التي نعزوها للسدم قد تكون غير حقيقية، فالضوء الذي ينبعث مثلاً من أقرب السدم إلينا ليس أشدّ حمرة بل أشد زرقة من اللون العتاد. ولما كان الضوء لا تزيد زرقته إلا إذا كان منبعه يقترب منا، فإن هذه الزرقة تدل على أن أقرب السدم إلينا تتجه في حركته نحونا. وفوق ذلك فإن السرعة الظاهرة التي تتحرك بها السدم لا تتناسب بالضبط مع أبعادها عنا، فالسدم التي يظن أنها على أبعاد متساوية منا تقدّر بسبعة ملايين من السنين الضوئية، تنحرف سرعاتها بمتوسط ٢٤٠ ميلاً في الثانية عن سرعة كلية مقدارها ٦٤٠ ميلاً في الثانية.

على أنه إذا صح أن بناء الكون قد حدث بالطريقة التي بسطناها، وجب أن تكون السدم بوجه عام آخذة من غير شك في الأبتعاد عنا، وهذا ما تتطلبه الأعتبارات النظرية وما لا ترضى بأقل منه؛ ولكن هذه الأعتبارات النظرية لا تذكر لنا شيئاً عن السرعات التي تتحرك بها السدم. وليست بحوث زويكي وتن بروجنكيت مما يلقي ظلا من الشك على صحة حركاتها الأبتعادية. أما الذي يدعو هذه البحوث إلى الشك فيه فهو: هل هذه الحركة هي نفسها التي أستنبطها الفلكيون من أحمرار خطوط أطيافها؟ وقد يعزي معظم هذا الأحمرار إلى الأثر الذي يشير إليه زويكي، أو إلى سبب آخر يماثله، ولا تبقى منه إلا بقية صغيرة ناشئة من حركة الأبتعاد الحقيقية، وليس من المستطاع قياس سرعة هذه الحركة، لأن الأثر الكبير يطغي طغياناً كاملاً على الأثر الضئيل.

على أن باب المناقشة في هذه المسألة لا يزال مفتوحاً، ولكنا إذا سلمنا بأن معظم حركات الأبتعاد الظاهرية ليست حقيقية، فعندئذ تسقط حجة الذين يقدّرون للنجوم أعماراً صغيرة، ونصير في حل من أن نعزو للنجوم أعماراً طويلة تقدّر بملايين الملايين من السنين، وهي الأعمار التي يلوح أن الأدلة الفلكية العامة تتطلبها.

ويفهم من هذه الشواهد العامة أن الشمس ظلت بضعة ملايين من السنين تقذف جزءاً من كتلتها في شكل إشعاع بمعدل ٢٥٠

مليوناً من الأطنان في الدقيقة. وقد ثبتت التقديرات المفصلة أن كتلة الشمس في حداثة تكوينها كانت من غير شك قدر كتلتها الحاضرة أضعافاً مضاعفة، وهذا يطابق ما تثبته الملاحظة من أن كتلة النجوم الحديثة السن أكبر من كتلة النجوم المتقدمة السن مرات كثيرة، ولكن في أية صورة أستطاعت الشمس أن تختزن كل الكتلة التي فقدتها منذ نشأتها على شكل إشعاع؟

إن كتلة السكون في الكهرب أو في أي جسم مكهرب آخر هي في العادة أكبر جداً من كتلة طاقته، ويبلغ قدار هذه الكتلة الثانية أقصاه في درجات الحرارة المرتفعة، ودرجة الحرارة عند مركز الشمس تبلغ حوالي ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة، وحتى في هذا الجزء منها تكون كتلة السكون هي الكتلة الكلية إلا $\frac{1}{200000}$ منها. وأكبر الظن أن حرارة الشمس في حداثة تكوينها لم تكن أعلى من تلك الدرجة كثيراً، ولذلك يرجح أن يكون الجزء الأكبر من كتلة الشمس الأولى هو كتلة سكونها. فإذا صح هذا الرأي فلم تكن له سوى نتيجة واحدة وهي أن الشمس الأولى كانت تحتوي على عدد من الكهارب والبروتونات، ومن الذرات تبعاً لذلك، يفوق كثيراً ما تحتويه منها الآن؛ وليس ثمة سوى طريقة واحدة أختفت بها هذه الذرات، فلا بد أنها قد فنيت وتحوّلت كتلتها إلى كتلة إشعاع أخذت تبعثه الشمس طول عمرها المديد، الذي يقدّر بملايين الملايين من السنين.

وقد يظن أن هذا التدليل شيئاً من الضعف، لأنه يتصل بصور فكرية بعيدة كل البعد عن نطاق علم الطبيعة الذي نستمده من معاملنا الأرضية، ولكن من حسن الحظ أن هذا العلم قد أستطاع أخيراً أن يحصل على أدلة تؤكد تاكيداً له قيمته أن فناء المادة يقع بالفعل في نطاق واسع جداً في أعماق الفضاء، وإن تكن هذه الأدلة بعيدة كل البعد عن أن تكون أدلة قاطعة.

ولسنا نتوقع أن نجد الدليل المباشر على حدوث فناء مستمر للمادة في أعماق النجوم، لأن الإشعاعات التي تنتجها عملية الإفناء لا تستطيع أن تجتاز إلا مسافات قصيرة قبل أن تمتصها المادة التي تتكون منها النجوم، فينشأ عن ذلك أرتفاع درجة حرارتها أرتفاعاً ينتج عنه طاقة تبعثها النجوم في النهاية في شكل ضوء وحرارة من النوع المألوف لنا تماما.

ويدل التحليل الرياضي للحقائق الفلكية على أن عملية إفناء الرات قد يحتمل أن تكون بطرقة تلقائية، كالطريقة التلقائية التي تتفكك بها المواد ذاتت النشاط الإشعاعي. فإذا صح هذا الرأي، فلن تكون العملية مقصورة على الأجزاء الداخلية الحارة في باطن النجوم، بل وجب أن تحدث حيثما وجدت ادة فلكية بوفرة كافة.

والعلمية في أبسط أشكالها تتلخص في أن يحدث فناء كهرب

وبروتون في آن واحد. ويمكن أن نوضح الصورة إذا تخيلنا أن هذين الجسمين المكهربين يندفعان معاً، كل منهما نحو الآخر، بتأثير قوة الجذب المتبادل بينهما، بسرعة تتزايد بأستمرار حتى يندمجا في النهاية، فتتعادل حينئذ شحنتاهما، وتنطلق طاقتهما المجتمعتان، على شكل ومضة واحدة من الإشعاع: هي "ضوءة" من النوع الذي سبق شرحه (أنظر ص ٣٩).

ولقد عرفنا فيما سبق (أنظر ص ٥٥) كيف أن الكتلة «لا تفني» عندما تبعث الذرة إشعاعا، ذلك بأن الذرة تفقد جزءاً معيناً من كتلتها، بروتون وكهرب كل منهما الآخر، فإن الضوءة الناتجة عن هذا الفناء يجب أن تكون لها كتلة مساوية لمجموع كتلتي البروتون والكهرب اللذين أختفيا. وقد أصبح في أستطاعتنا أن نقدّر كتلة البروتون والكهرب بدقة كبيرة، لأنها تساوي كتلة ذرة الأيدروجين بالضبط. فإذا صح أن فناء المادة أمر محقق، وجب أن يذرع الفضاء هدد جم من الضوءات، تساوي كتلة الضوءة منها كتلة ذرة الإيدروجين، ولا بد أن يسقط على الأرض بعض هذه الضوءات.

وقد يكون ثمة نوع آخر من الضوءات أكبر كتلة من هذه الضوءات التي وصفناها هنا، لأننا نستطيع أن نتصور إفناء أي نوع من أنواع الذرات إفناء فجائياً، يطلق بسببه كل طاقته في شكل ضوءة كتلتها مساوية لكتلة الذرة كلها. ومن بين الأحتمالات الممكنة

أحتمال يستحق عناية خاصة، ذلك أننا وإن كنا نعتقد أن المادة في النهاية تتكوّن من بروتونات وكهارب، فإنه يوجد تكوين متضام ومتماسك مكوّن من أربعة بروتونات وكهربين، وهو تكوين يمكن أن يعدّ وحدة جديدة مستقلة. وهذا التكوين مشاهدة بوضوح في الإشعاع المنبعث عن المواد ذات النشاط الإشعاعي، ويعرف عادة بأسم جسيم ألفا. وتتكوّن ذرة الهليوم، وهي أبسط ذرة بعد ذرة الأيدروجين، من جسيم واحد من جسيمات ألفا ومن كهربين يدوران حولها. ولما كان بجسيم ألفا من الكهرباء بقدر ما في أثنين من البروتونات، فإن إفناءه قد يتم بأندماجه مع كهربين، وفي هذه الحالة تكون كتلة الضوءة الناتجة مثل كتلة ذرة الهليوم.

وتكون كتلة كل ضوءة من هذين النوعين كبيرة جداً لدرجة لا تقاس بها كتلة ضوءة أي نوع من أنواع الإشعاع العادي، ولذلك يجب أن يكون من السهل التعرف عليها على الفور. ويمكن تشبيه الضوءات برصاصات تتحرك بسرعة منتظمة، هي سرعة الضوء. فإذا أكلق عدد من الرصاصات من بندقية بسرعة واحدة فإن أكبر الرصاصات كتلة تكون أقدر من غيرها على التدمير كما تكون أقدر من غيرها على النفاذ. وهذا يحدث بالضبط لطائفة من الضوءات المختلفة النوع، فالضوءات ذات الكتل الكبيرة تكون أقدر من غيرها على النفاذ. ويوجد قانون رياضي يساعدنا على تقدير قوة نفاذ

الضوءة إذا عرفنا كتلتها؛ ومنه نعرف أن الضوءات التي تساوي كتلتها كتلة ذرة الأيدروجين أو ذرة الهليوم ذات قدرة على النفاذ هائلة.

تحدثنا فيما سبق عن قوة النفاذ العظيمة التي تمتاز بها أشعة تسمى عادة "الأشعة الكونية" تسقط على الأرض من الفضاء الخارجي، وتستطيع أن تخترق عدة ياردات من معدن الرصاص. وقد ظلت هذه الأشعة الكونية زمناً طويلاً لا يعرف أهي أشعة حقة أن تتكوّن من سيل من الكهارب؛ وبقى الوجه الأول أكثر أحتمالاً على الدوام؛ لأنها لو كانت كهارب لوجب أن تتحرك بطاقة عظيمة لا يكاد يتصورها العقل، كي تستطيع أن تشق طريقها خلال عدة ياردات من معدن الرصاص قبل أن تضطر إلى السكون.

ويلوح الآن أن المسألة قد حلت، فإن وابلاً من الكهارب عندما يسقط على الأرض من الفضاء الخارجي يتعثر في مجال الأرض المغنطيسي تعثراً يؤثر في حركته. فلو أن الكهارب كانت تتحرك بسرعة تكفي لأن تكسبها قوّة النفاذ التي نعرفها عن الأشعة الكونية لأنحراف سيلها كله تقريباً عن طريقه، ووقع على الأرض بالقرب من أحد قطبيها المغنطيسيين، كما تدل على ذلك التقديرات الحسابية. ولكن الأشعة الكونية لا تقع على القطبين دون غيرها من بقاع الأرض، فقد قام علماء مختلفون بأبحاث في أماكن مختلفة على سطح الأرض، فوجدوا أن شدة هذا الإشعاع واحدة في كل مكان؛

مثال ذلك أن بعثة بريطانيا وأستراليا ونيوزيلنده [١] التي تعمل في المنطقة الجامدة الجنوبية قد وجدت أن شدته واحدة في منطقة تنتشر حول القطب الجنوبي المغنطيسي للأرض على بعد ٢٥٠ ميلاً منه؛ وقد وصل إلى هذه النتيجة نفسها راصدون آخرون في مناطق أخرى بعيدة عن القطبين. وهذا يبرر أعتقادنا الأكيد بأن "الأشعة الكونية" أشعة حقيقية، وأنها ليست مجرد وابل من الكهارب؛ ومن هذا نستطيع بأستخدام القانون السالف الذكر أن نحسب كتلة ضوءات هذه الأشعة، إذا عرفنا قوة نفاذها التي يمكن رصدها.

وقد درست قوّة النفاذ لهذه الأشعة بعناية فائقة ومهارة بالغة، وقام بذلك الأستاذ مليكان [٢] وزملاؤه في باسادنا [٣] والأستاذ رجيز [٤] من مدينة ستتجارت [٥] وكثيرون غيرهم، فوجدوا كلهم أن الأشعة المذكورة خليط من عدة مكوّنات لها قدرة على النفاذ مختلفة، أو خليط من ضوءات ذات كتل مختلفة، وكلا التعبيرين يعني ما يعنيه الآخر. ومن الأمور العظيمة الدلالة أن المكوّنين اللذين لهما أكبر قدرة على النفاذ يتركبان من ضوءات، وأن كتلة الضوءة من أحدهما

---

(١) The British Australian and New Zealand Antarctic Expedition.

(٢) Prof. R.A Millikan.

(٣) Pasadena.

(٤) Pro. E. Regener.

(٥) Stuttgart.

تساوي كتلة ذرة الهليوم، وكتلة الضوءة من ثانيهما تساوي كتلة ذرة الأيدروجين، حسبما وصل إليه علمنا. ومعنى هذا أنهما من نوع الضوءات التي نتوقع أن نجدها لو أن البروتونات وجسيمات ألفا كانت تفني في مكان مّا في أعماق الفضاء البعيدة، بحيث تفنى الأولى مع ما يلزم لها من الكهارب المفردة لتبطل أثر شحناتها، وتفنى الثانية مع ما يلزم لها من أزواج الكهارب لتبطل أثر شحناتها أيضاً.

ويجب أن نذكر هنا أنه لا يمكن قياس كتل الضوءات بدقة تامة، ولذلك لا نستطيع أن نقول عن ثقة إن مقادير هذه الكتل تطابق بالضبط المقادير التي نتوقعها بعد عملية الفناء الذي أشرنا إليه، ولكن تطابقها يقع في حدود ما تسمح به المشاهدات الصحيحة، فهو في كل حالة يتفق معها في حدود ٥% من الخطأ× وليس من الميسور قياس قدرة نفاذ إشعاع لأقرب من هذه النسبة من الصحة. على أن هذا التطابق يبلغ حدّا من الأتقان لا يجوز معه إغفاله بحجة أنه مجرد أتفاق عارض، ولذلك يحتمل جداً أن يكون منشأ هذا الإشعاع فناء البروتونات والكهارب فناء فعلياً.

على أن الأمر لم يخرج بعد من دائرة الجدل العلمي، ولم يصبح الرأي الذي أوضحته الآن مسلما به من جميع علماء الطبيعة. فالأستاذ مليان بوجه خاص يقول إن منشأ الأشعة الكونية قد يكون عملية بناء الذرات الثقيلة من ذرات خفيفة أبسط منها، ويتخذ من

دليلاً على "أن الخالق لا يزال مجدّاً في عمله". ولنشرح هنا أبسط الحالات فنقول إن ذرة الهليوم تحتوي على مكوّنات أربع ذرات من الأيدروجين بالضبط– أي أربعة كهارب وأربعة بروتونات– ولكن كتلة ذرة الهليوم لا تساوي غير كتلة ٣٩٧ من ذرات الأيدروجين، وقياساً على هذا، إذا أندمجت أربع ذرات أيدروجين بطريقة مّا لتتكون منها ذرة هليوم، فإن الكتلة الزائدة وهي كتلة ٠,٠٣ من ذرة الأيدروجين تتحول إلى إشعاع يجوز أن ينطلق في صورة ضوءة كتلتها ٣% من كتلة ذرة الأيدروجين. غير أننا غير واثقين من أنطلاق هذه الضوءة، لأنه إذا صح أن تتحد أربعة ذرات من ذرات الأيدروجين لتتكوّن منها ذرة من الهليوم فإن المحتمل أن يحدث هذا على خطوات متعددة، فينطلق عدد من الضوءات الصغيرة المتعاقبة، بدلاً من أن تنطلق ضوءة واحدة كبيرة. على أنه حتى إذا فرض أن الطاقة المتحررة كلها قد كونت ضوءة واحدة كبيرة فإن قدرة نفاذها تكون أقل من قدرة نفاذ الأشعة الكونية التي نعرفها. أما إذا أجتمعت ١٢٩ ذرة من ذرات الأيدروجين، وكوّنت ذرة واحدة من الزينون نتيجة لأضطراب هائل كبير فإن كتلة الضوءة الواحدة التي تنبعث من هذه العملية تكون مثل كتلة ذرة الأيدروجين تقريباً، ويكون لها من قوّة النفاذ ما يقرب من قوّة نفاذ المكون الثاني من مكونات الأشعة الكونية التي نعرفها، وهو الذي يلي المكون الأوّل في شدّة نفاذه. وعلى أساس هذا الرأي في أصل الإشعاع المذكور يمكن تفسير منشأ المكونات

الأقل قدرة على النفاذ، تفسيراً طبيعياً سهلاً بأنها ناتجة من عمليات تركيب الذرات الأقل تعقيداً في تركيبها من الزينون. لكن أقدر مكونات الإشعاع كلها على النفاذ تخلق مشكلة تحوطها صعاب عظيمة لا يمكن التغلب عليها؛ ذلك أنه إذا كانت ضوءاته ناتجة من أندماج عدة ذرات من الأيدروجين للتكوّن منها ذرة واحدة كبيرة، فلابد من أن يكون الوزن الذري لهذه الذرة الواحدة قريباً من ٥٠٠، وهذا أمر يلوح أنه خارج عن نطاق جميع حدود الأحتمال، كما يلوح أيضاً أنه لا يحتمل أن ينتج ثاني المكونين قدرة على النفاذ من تركيب ذرات الزينون أو ذرات أي عنصر آخر له مثل وزنه الذري، لأن مثل هذه الذرات كلها نادرة الوجود جداً. ومهما يكن منشأ المكونات القليلة النفاذ، فإني أعتقد أنه ليس من الميسوز أن نعزو منشأ المكونين الأشد نفاذاً إلى سبب آخر غير فناء المادة ينال حظاً وافراً من القبول.

ومقدار ما يصل إلى الأرض من هذا الإشعاع عظيم جداً، قدره مليكان وكمرون [1] بما يقرب من عشر ما يصدر من نجوم السماء جميعها ماعدا الشمس بطبيعة الحال. وما من شك في أن مقدار الإشعاع الشديد النفاذ الموجود في أعماق الفضاء السحيقة فيما وراء المجرة موفور كمقداره على سطح الأرض تقريباً، ولكن ضوء

---

[1] G. H. Cameron

النجوم هناك أقل وفرة من هذا الإشعاع، ولذلك يكون هذا الإشعاع القوي هو على الأرجح أكثر أنواع الإشعاع كلها وجوداً إذا أخذ متوسطها في الفضاء بجملته.

ويعزي سبب وجود هذا الإشعاع بمقادير كبيرة إلى قدرته العظيمة على النفاذ. وتكاد هذه القدرة تحبوه بميزة الخلود، حتى لتستطيع حزمة منه أن تسير في الفضاء ملايين الملايين من السنين دون أن تقابل من من المادة ما يمتص منها قدراً محسوساً؛ ولهذا يجب أن ننظر إلى الفضاء على أنه مشبع بجميع مقادير الإشعاع التي أخذت تتكوّن فيه منذ خلق العالم، وتصل إليه أشعته كأنها رسل ليست قادمة من أعماق الفضاء السحيقة فحسب، بل من أعماق الزمن السحيقة أيضاً. فإذا قرأنا رسالتها على الوجه الصحيح خيل إلينا أنها تخبرنا بأن في نتطقة من المناطق السحيقة، وفي فترة من فترات الزمن من تاريخ الكون، قد فنى جزء من المادة ولم يكن فناؤه بمقادير صغيرة، بل بمقادير هائلة مروّعة.

وإذا أخذنا بالدليل الفلكي في تقدير أعمال النجوم، وبالدليل الطبيعي على شدّة الإشعاع النفاذية، على أعتبار أنهما يقرران معاً أن المادة يمكن فناؤها حقيقة، أو على الأَح تحويلها إلى إشعاع، فإن هذا التحويل يصبح إحدى العمليات الأساسية ف الكون، وتنبذ عندئذ فكرة عدم فناء المادة نبذاً تاماً من نطاق العلم، وتصبح فكرة

عدم فناء الكتلة وعدم فناء الطاقة شيئاً واحداً. وعلى هذا تستحل قوانين عدم الفناء الثلاثة الكبرى: عدم فناء المادة، وعدم فناء الكتلة، وعدم فناء الطاقة– إلى قاون واحد، هو أن ثمة جوهراً أساسياً بسيطاً يتشكل بصور مختلفة أخصها المادة والإشعاع، وأن هذا الجوهر لا يفنى مهما تعددت التغيرات، ويتكوّن من مجموع هذا الجوهر جميع ما في الكون من نشاط لا يتغير مجموعه الكلي ولكنه يغير دائماً من خاصته؛ ويلوح أن هذا التغير هو العملية الأساسية التي تحدث في الكون الذي يؤلف موطننا المادي. ويلوح لي أن كل ما لدينا من شواهد يدل على أن هذا التغيير يتجه في أتجاه واحد إذا أستثنينا حالات قليلة غير هامى، فالأجسام الصلبة دائبة التحوّل إلى إشعاعات غير مادية، والملموس دائم التحوّل إلى شيء غير ملموس.

وقد بحثنا هذه الآراء بحثاً مستفيضاً إلى حد مّا، لأنها كما يتضخ للقاريء ذات علاقة خاصة بتركيب الكون الأساسي؛ فقد مر بنا في الفصل السابق كيف أرجعت الميكانيكا الموجبة الكون كله إلى مجموعات من الموجات، وكيف أن الكهارب والبروتونات تتكوّن من نوع واحد من الموجات، وكيف أن الإشعاع يتركب من موجات من نوع آخر. ويشير البحث الذي أثبتناه في هذا الفصل إلى أن المادة والإشعاع قد لا يكونان نوعين منفصلين من الموجات لا يستطيع أحدهما أن يتحوّل إلى النوع الآخر، بل يجوز أن يحدث

هذا التحوّل بين النوعين، فيتحوّل أحدهما إلى الآخر كما تتحوّل الشرنقة إلى فراشة؟ ويمكن أن يضاف إلى ما تقدم ما قد يرى بعض العلماء أنه لابد من إضافته وهو "وكما نستطيع أن نتصور الفراشة تعود فتتحول إلى الشرنقة" وسيمر بنا هذا القول فيما بعد (أنظر ص ١٦٥).

وليس معنى هذا بطبيعة الحال أن المادة والإشعاع شيء واحد ، بل إن القول بأن المادة تتحوّل إلى إشعاع لا يزال له بعض الدلالة، وإن كانت الفكرة تلوح الآن أقل ثورية مما كانت عندما عرضتها منذ ستة وعشرين عاماً، وليس من السهل أن نشرح الموقف كما هو الآن شرحاً دقيقاً بلغة غير فنية، حتى لو كنا نعرف جميع الحقائق الخاصة به معرفة تامة دقيقة، وهو ما ليس في مقدورنا الآن؛ ولكننا قد نقرب من الحقيقة بعض القرب إذا تصورنا أن المادة والإشعاع نوعان من الموجات: نوع دائم الدوران في دوائر، ونو ينتقل في خطوط مستقيمة، وتنتقل الموجات الثانية بطبيعة الحال بسرعة الضوء، ولكن الموجات التي تتكون منها المادة تنتقل بسرعة أبطأ منها؛ ويرى مشرفة وآخرون أن هذا قد يكون كل ما بين المادة والإشعاع من فروق، فليست المادة في رأيهم سوى نوع من الإشعاع المتجمد ينتقل بسرعة أقل من سرعته العادية. وقد رأينا فيما تقدم (أنظر ص ٤٦).

كيف يقف يقف طول موجة جسيم متحرك على مقدار سرعته،

وكيف يكون طول موجة جسيم يتحرك بسرعة الضوء مساوياً بالضبط لطول موجة ضوءة تساوي كتلتها كتلة الجسيم المتحرك؛ وهذه الحقيقة الهامة إذا أضيفت إلى الحقائق الأخرى تقربنا كثيراً من الرأي القائل بأنه يثبت في النهاية أن ليس الإشعاع إلا مادة تتحرك بسرعة الضوء، وأن ليست المادة إلا إشعاعاً يتحرك بسرعة أقل من سرعة الضوء؛ ولكن العلم لا يزال بعيداً كل البعد عن أن يقول كلمته القاطعة في هذا الموضوع.

وخلاصة هذا الفصل والفصل الذي قبله أن الطبيعة الحديثة تتجه نحو رد مادة الكون كلها إلى موجات ولا شيء غير الموجات، وأن هذه الموجات نوعان: موجات معبأة أو حبيسة نسميها المادة، وموجات غير معبأة أو طليقة نسميها إشعاعاً أو ضوءاً. وليست عملية إفناء المادة إلا مجرد الإفراج عن الطاقة الموجية الحبيسة وإطلاقها حرة تسبح في الفضاء؛ وهذه الآراء تُرجع الكون كله إلى عالم من الإشعاع، بعضه كامن موجود بالقوة، وبعضه ظاهر موجود بالفعل، ولم يعد يدعو إلى العجب القول بأن الجسيمات الأساسية التي تتكوّن منها المادة يظهر لها كثير من خواص الموجات.

الفصل الرابع

النسبية والأثير

رأينا أن علم الطبيعة الحديث يرد الكون كله إلى مجموعات من الموجات، فإّا تعذر علينا أن نتصور هذه الموجات إلا إذا أنتقلت في وسط مادي، فلنقل إنها موجات تنتقل في أثير واحد أو عدة أثيرات. وأظن أن المرحوم اللورد سلسبري [١] هو الذي عرّف الأثير بأنه فاعل الفعل "تموج" [٢] فإذا قنعنا بهذا التعريف مؤقتاً أجزنا وجود الأثير دون أن نحمل أنفسنا شططاً في فهم طبيعته، وكذلك يسهل علينا أن نلخص أتجاهات علم الطبيعة الحديث في عبارة موجزة وهي: أن علم الطبيعة الحديث يعدّ الكون عالما أو جملة من العوالم الأثيرية، ومن ثم يجدر بنا ان نزيد من عنايتنا بتعرف الخواص الطبيعية لهذه الأثيرات المتعددة، لأن طبيعة الكون على حقيقتها تكمن فيها.

وقد يجمل بنا أن نثبت هنا نتيجة بحثنا مقدماً. وإلى القاريء هذه النتيجة في إيجاز: أكبر الظن أن الأثيرات وتموجاتها، أي

---

(١) Lord Salisbury

(٢) The nominative of the verb "to undulate"

الموجات التي يتألف منها الكون، إنما هي من نسج الخيال. وليس المقصود من هذا القول أنه لا وجود لها على الإطلاق، بل إن لها وجوداً في أذهاننا، وإلا لما كنا نبحث فيها الآن. ولأجل أن تكون لهذه الفكرة أو لغيرها من الأفكار وجود في عقولنا يجب أن يكون هناك شيء في خارج عقولنا يدعو إلى وجودها فيها، وفي وسعنا أن نخلع على هذا الشيء ولو مؤقتاً أسم "الحقيقة"، وهذه الحقيقة هي التي يعني العلم بدرسها. ولكننا سوف نجد أن هذه الحقيقة تختلف كل الأختلاف عما كان يفهمه الطبيعة منذ خمسين عاماً عن الأثير والتموجات والموجات؛ ولو أننا أخذنا بأقيستهم وأستعرنا لغتهم مؤقتنا لحكمنا بأن الأثيرات وموجاتها ليست من الحقائق في شيء. ولكننا إذا تدبرنا جميع الحقائق التي لنا بها علم أو خبرة، وجدنا الأثيرات وموجاتها أصدقها وأثبتها وجوداً، فهي لذلك حقائق بقدر ما ينطبق هذه الوصف في نظرنا على غيرها من الأشياء.

ولئد دخلت فكرة الأثير نطاق العلم منذ قرنين من الزمان أو أكثر؛ ذلك بأنه لما عجز ما كان معروفاً من خواص المادة الكثيفة عن تفسير ظاهرة من الظواهر الطبيعية، ذلل العلماء ما أعترضهم من صعاب بأن فرضوا وجود أثير يتخلل الكون بأسره، وأضافوا إليه الخواص اللازمة لتفسير هذه الظاهرة، وكان هناك ما يدعوهم بنوع خاص إلى أن ينحوا هذا النحو في المسائل التي تتطلب أستخدام

ظاهرة "التأثير عن بعد". ذلك بأن القول بأن المادة لا تعمل إلا حيث يوجد، وأنها لا يمكن أن تعمل حيث لا توجد، يبدو في ظاهره قولاً صحيحاً سليماً، يصعب على من يقرر عكسه أن يحمل معظم زملائه على أن يأخذوا برأيه. ولقد بلغ من أمر ديكارت [1] . أن قال بأن مجرد وجود الأجسام على مسافات بينها برهان كاف على وجود وسط يتخللها.

ولذلك صار من الصعب على العلماء أن يتجنبوا الألتجاء إلى أثير شامل، حين لا يكون ثمة وسط مادي كثيف ينقل الأثر الآلي، كأثر مغنطيس في قضيب من الصلب، أو أثر الأرض في تفاحة ساقطة. وبذلك غزت العلم فكرة الأثير وتسلطت على تفكير العلماء، فحق بذلك قول مكسويل "أخترعت الأثيرات لتسبح فيها الكواكب، ولتتكوّن منها جواء كهربائية ومجالات مغنطيسية، ولتنقل الأحاسيس من جزء من جسمنا إلى جزء آخر، حتى صار ما أمتلأ به الفضاء من أثير أكثر مما يتسع له عدة مرات"، وتعددت أنواع الأثير في النهاية بقدر ما في الطبيعة من معضلات مستعصية على الحل.

على أنه لم يقو على البقاء في نطاق التفكير العلمي الجدّي منذ خمسين عاماً سوى نوع واحد من الأثير، هو ذلك الأثير الحامل

---

(1) Descartes

للضوء والذي ظن أنه ينقل الإشعاع؛ وجاء هيجنز [1] وتوماس وفراداي ومكسويل فزاد كل منهم إيضاح الخواص التي تلزم للأثير حتى يقوم بهذا العمل، فتصوروه بحراً شبيهاً في تركيبه بالهلام، تستطيع الموجات أن تسير فيه كما تسير الأهتزازات والتموجات في الهلام نفسه؛ ولم تكن هذه الأمواج سوى الإشعاع الذي نعرف الآن أنه يتخذ لنفسه شكلاً من أشكال عدة: هي الضوء والحرارة والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية والموجات الكهربائية المغنطيسية والأشعة السينية وأشعة جاما والأشعة الكونية.

وتثبت ظاهرة "الزيغ الضوئي" الفلكية وعدّة ظواهر غيرها أنه إذاكان الأثير موجوداً حقاً فلا بد أن تمر فيه الأرض وغيرها من الأجسام المتحركة دون أن تحدث فيه أضطراباً. وهذا معناه أننا إذا أتخذنا الأرض مكاناً نرصد منه الظواهر وجب أن يمر الأثير في فجاج الأرض وغيرها من الأجسام الصلبة من غير أن يعوقه عائق، كما تمر "الريح خلال أشجار أجمة" إذا جاز لنا أن نستعير تشبيه تومس ينج، وهو تشبيه مشهور وإن يكن ناقصاً، ونقول ناقصاً لأن الريح في واقع الأمر تؤثر في الأشجار، فإن في حركات أوراقها وأفنانها وفروعها ما يدل على شدة الريح. أما الحركة خلال الأثير فإن في مقدورنا أن نثبت أنها لا تستطيع أن تحدث أس أضطراب

(1) G. Huygens

مهما قل في الأجسام الصلبة التي تكون ساكنة على الأرض، أو أن تؤثر في حركاتها إن كانت متحركة، فليس ثمة حاجة تدعونا إلى أن نضيف مقاومة الأثير إلى مقاومة الهواء عندما نبحث فيما يعوق السيارة عن السير بسرعة أكبر.

ومعنى هذا أنه إذا كان ثمة أثير، فسيان أن تهب ريحه علينا بسرعة ميل واحد أو بسرعة ألف يل في الساعة، وهذا يطابق نظرية ديناميكية بسطها نيوتن في كتابه البرنكيبيا بقوله:

نتيجة ٥ : "إن حركات الأجسام في فضاء معين واحدة لا تتغير بعضها بالنسبة إلى بعض سواء كان هذا الفضاء ساكناً أو متحركاً بحركة منتظمة في أتجاه مستقيم ولا تصحبها أية حركة دائرية".

ثم يقول نيوتن:

"ونجد البرهان على ذلك واضحاً فيما يحدث على ظهر سفينة، حيث تجرى كل الحركات على نسق واحد، سواء كانت السفينة ساكنة أو سائرة بأنتظام في خط مستقيم".

وهذه القاعدة العامة تثبت أنه لا يمكن بحال مّا أن تكشف أية تجربة عن سرعة سفينة تسير في بحر هاديء، إذا أجريت التجربة في السفينة نفسها ولم تتعد حدودها إلى سيء سواها. والحق أن ن المشاهدات العادية أننا لا نستطيع، إذا كان الجو هادئاً، أن نعرف

الأتجاه الذي تسير فيه سفينة من غير أن ننظر إلى البحر نفسه.

ولوكان لريح الأثير أي أثر في الأجسام الأرضية لدل الأضطراب الذي تحدثه هذه الريح فيها على سرعة هبوبها، كما تدل حركات أفنان الأشجار على سرعة هبوب الريح العادية؛ أما والأمر غير ذلك، فلا بد من أن نلجأ إلى أستخدام طرق أخرى.

ومع أن المسافر في البحر لا يستطيع أن يعين سرعة سفينة إذا قصر ملاحظاته عليها، فإن في أستطاعته أن يقدر السرعة إذا سمح له أن يراقب البحر أيضاً؛ فإذا أسقط في البحر خيطاً بطرفه مسبار من الرصاص أنتشرت مويجة دائرية على سطح الماء؛ وكل ملاح يعلم أن نقطة ملتقى الخيط بالماء لا تبقى ثابتة في مركز الدائرة بل يبقى مركز الدائرة حيث هو في الماء وتتحرك نقطة الملتقى إلى الأمام، لأن السفينة تسحبها معها فتبعد هذه النقطة عن مراكز الدائرة بسرعة تكشف عن سرعة السفينة نفسها.

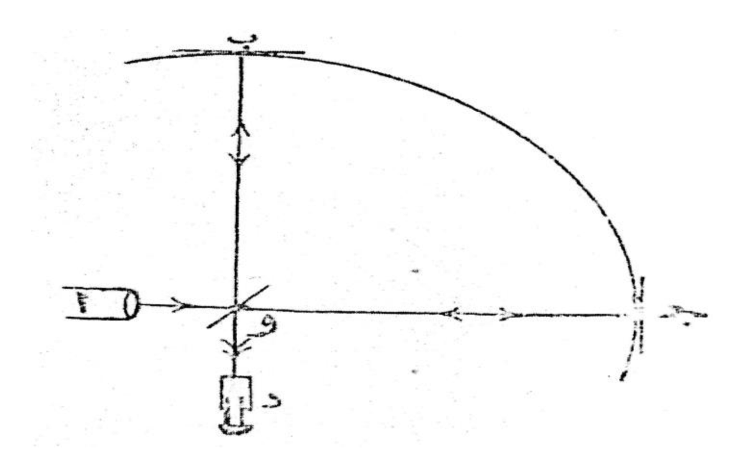
فإذا كانت الأرض تشق طريقها في بحر من الأثير، فإن تجربة تبنى على مثل ما تقدم من الأسس يجب أن تكشف عن سرعة حركتها. ولقد وضعت لهذا الغرض نفسه تجربة ميكلسن [1] ومورلي [2] الشهيرة، فكانت الأرض في هذه التجربة هي السفينة، وكان

---

(1) A. A. Michelson

(2) E. W. Morley

معمل جامعة كليفلند في أهيو [1] هو نقطة دخول رصاص المسبار في البحر، وأستعيض عن



(شكل ١) رسم يوضح تجربة ميكلسن ومورلي (Michelson Morley Experiment): يوجه الضوء من مصدره (أ) إلى المرآة (و) المغطاة لنصفها بالفضة، وبذلك ينعكس نصف الضوء في أتجاه الخط وب، ويستمر النصف الباقي في أتجاه و ج، الذي يساوي و ب طولاً، وهو نحو ١٢ ياردة. وعند (ب)، (ج) توجد مرآتان تعكسان الضوء إلى و، ثم يمر نصف كل شعاع من الشعاعين في منظار مكبر صغير د، ثم يوازن مقدار الزمن الذي يتأخره أحد الشعاعين عن الآخر بمقدار زمن التأخر الذي يحدث عندما يدار الجهاز كله زاوية قدرها ٩٠°، وهذه العملية تزيل أي خطأ يتسبب

---

(1) University of Cleveland (Ohio)

عما قد يكون بين و ب، وجـ من أختلاف ضئيل جداً في الطول.

سقوط رصاص المسبار بأنبعاث إشارة ضوئية، على فرض أن الموجات الضوئية التي تتكون منها الإشارة تسبب المويجات في بحر الأثير.

وليس من المستطاع أن يرصد أنتشار المويجات بطريقة مباشرة، غير أنه يمكن الحصول على معلومات كثيرة إذا ركبت عدة مرايا تعكس الإشارة إلى الموضع الذي أرسلت منه، وبهذه الطريقة أمكن أن يعين الزمن الذي أستغرقه الضوء في أجتياز المسافة ذهاباً وإياباً. فلو كانت الأرض ساكنة في الأثير لكان الزمن اللازم لقطع مسافة معينة مرتين ثابتاً على الدوام مهما كان أتجاهها في الفضاء؛ أما إذا كانت الأرض تتحرك في بحر من الأثير متجهة نحو الشرق فإن من السهل أن نرى أن الضوء إذا قطع مسافة مرتين، ولتكن من الشرق إلى الغرب أولاً ثم من الغرب إلى الشرق ثانياً، يجب أن يستغرق في ذلك وقتاً أطول قليلاً مما يستغرقه إذا قطع المسافة نفسها من الشمال إلى الجنوب ثم من الجنوب إلى الشمال. وليس في هذه المسألة من المباديء الغامضة أكثر مما تتضمنه مشاهداتنا في تجاربنا العادية من أن الوقت الذي يقطع فيه قارب ١٠٠ ياردة بالتجديف ضد التيار، و١٠٠ ياردة بالتجديف أتجاه التيار، أطول مما يتطلبه قطع مسافة قدرها ٢٠٠ ياردة عابراً التيار؛ ففي الحالة

الأولى نبطيء في سيرنا ضد التيار، ونسرع في سيرنا نع التيار، ولكن الوقت الذي نكسبه بالتجديف مع التيار لا يعوض الوقت الذي نخسره بالتجديف ضد التيار. وإذا بدأ بحاران يجدفان في وقت واحد وبسرعة واحدة ليقطعا الشوطين، فإن البحار الذي يجدف عابراً التيار ينتهي من الشوط مبكراً، ويكشف الفرق بين وقتي وصولهما عن سرعة التيار، وكان المتوقع أنه بهذه الطريقة عينها سيكشف الفرق بين الزمنين اللذين يقطع فيهما شعاعا الضوء المسافتين فيي تجربة ميكلسن ومورلي عن سرعة تحرك الأرض في الأثير.

وعلى الرغم من أن التجربة أجريت عدة مرات فإنه لم يظهر أي فرق بين الزمنين، وكانت نتيجة التجربة التي أجريت على أساس الفرض القائل بأن الأرض تحوطها بحر من الأثير أن بدت سرعة الأرض في هذا البحر الأثيري معدومة، ودلت جميع المظاهر على أن الأرض ساكنة على الدوام في الأثير، وأن الشمس وسائر أجزاء الكون يدور حولها، وبدا أن نتائج هذه التجارب سوف ترجع بنا إلى القول بأن الأرض مركز العالم، كما كان يقال قبل عصر كبرنيق [١]، وهذا ما لا يمكن التسليم بأنه تفسير صحيح لنتائج هذه التجارب، لأن المعروف أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة تقرب من ٢٠

---

(١) Copernicus

ميلا في الثانية، وتؤيد ذلك تجارب بلغت من الدقة حدّا يستطاع معه قياس جزء من مائة جزء من هذه السرعة.

لذلك أقترح فتزجرالد [١] في عام ١٨٩٣ ولورنتز [٢] في عام ١٨٩٥، كلاهما على أنفراد، حلا آخر لهذه المشكلة. وكان المجربون قبلهما قد جعلوا شعاعين من الضوء يبدآن معاً، ليجتازا مسافتين متساويتين ذهاباً وإياباً. ولا يغتير شيئاً من جوهر التجربة أن نتصور أنهم أستخدموا في قياس المسافتين أو الموازنة بينهما قضباناً للقياس عادية كالمساطر من ذات القدم الواحدة إذا شئنا، لن فتزجرالد ولورنتز يسألان: كيف عرف أن قضبان القياس أو أن المسافات المقيسة بها قد أحتفظت بأطوالها كما هي عندما كانت تتحرك في بحر الأثير، ولم يكن شأنها في ذلك شأن السفينة في البحر والسيارة في البر؟ فالبحر يضغط على مقدمة السفينة وهي تسير فيه، فتسبب عن ضغطه نقص في طولها، وقد يكون نقصاً ضئيلاً لا يتجاوز كسراً من البوصة، فكأنما السفينة قد أنكمشت من أثر ضغطين: ضغط البحر الذي يحاول أن يدفع قدمتها إلى الخلف، وضغط المحرك الذي يريد أن يدفع مؤخرتها إلى الأمام. وكذلك الحال عندما تسير السيارة في الهواء، فإنها تنكمش من أثر الضغط

---

(١) G. F. F FitzGerald

(٢) H. A. Lorentz

الذي يحدثه الهواء على حاجب الهواء الأمامي، محاولاً أن يدفعها إلى الخلف، ومن دفع العجلات الخلفية التي تحاول دفعها إلى الأمام؛ فإذا كان الجهاز الذي أستخدمه ميكلسن ومورلي ينكمش بنفس الطريقة فإن المسافة التي يقطعها الضوء ذهاباً وإياباً في أتجاه حركة الأرض تكون دائماً أقصر من المسافة التي يقطعها في أتجاه عمودي على ذلك الأتجاه الأول. وهذا الأنكماش الذي يحدث في طول المسافة المذكورة قد يقلل من أثر العوائق الأخرى التي يلاقيها الضوء أثناء رحلته في أتجاه حرة الأرض ذهاباً وإياباً. ولو أن الأنكماش كان بالقدر الواجب بالضبط لعوّض أثر هذه العوائق كلها تعويضاً تاماً، ولأستغرق الضوء في قطعه المسافة في أتجاه سير السفينة وفي الأتجاه العمودي عليه زمناً واحداً بالضبط؛ وقد رأى فتزجرالد ولورنتز في هذا ما يصح أن يكون تعليلاً لما أسفرت عنه التجربة من تعادل.

ولم تكن هذه الفكرة خيالية أو فرضية محضة، فقد أثبت لورنتز بعد ذلك بقليل أن نظرية الكهربائية الديناميكية التي كانت شائعة في ذلك الوقت تتطلب حدوث هذا التقلص بالذات. ومع أن التقلص في هذه الحالة لا يشبه كل الشبه تقلصات السفن والسيارات، فإنه يعطي فكرة لا بأس بها عما يحدث في هذه الظاهرة. وقد أوضح لورنتز فعلاً أنه إذا كانت المادة في تركيبها كهربائية محضة وليس

فيها إلا جسيمات مشحونة بالكهرباء فإن حركة الجسيمات في الأثير تجعلها تعيد تنظيم مواضعها، ولا يمكن أن تعود إلى سكونها بعضها بالنسبة إلى بعض إلا بعد أن ينكمش الجسم بمقدار معين يمكن تقديره. وقد ثبت أن هذا المقدار هو بالضبط المقدار الذي كان سبباً في التعادل الذي أسفرت عنه تجربة ميكلسن ومورلي.

ولم توضح هذه الفكرة سبب فشل تجربة ميلكسن ومورلي توضيحاً وافياً تاماً فحسب، بل أوضحت أيضاً أن كل مقياس مادي لابد أن ينكمش بقدر ما يكفي بالضبط لإخفاء حركة الأرض في الأثير، ولذلك كان الفشل مقدّراً لكل تجربة من هذا القبيل قبل إجرائها. غير أنه توجد أنواع أخرى من مقاييس الطول يعرفها العلم، فأشعة الضوء والقوى الكهربائية وغيرها يمكن أن تستخدم في قياس الأبعاد من نقطة إلى أخرى، وبذلك يكن أن تتخذ وسيلة لقياس المسافات. ولهذا رئي أن المقاييس الضوئية والكهربائية وقد تنجح حيث فشلت المقاييس المادية؛ وقد بذلت لهذا الغرض محاولات عدة بأشكال مختلفة، ومن أسماء المبرزين الذين كان لهم شأن فيها المرحوم اللورد رالي [١] وبريس [٢] وتروتون [٣]. غير أن التجارب كانت تفشل في كل مرة؛ وسبب فشلها أنه إذا فرض أن سرعة

---

[١] Lord Rayleigh

[٢] D. B. Brace

[٣] F. T Trou ton

الأرض في الأثير س، فإن كل جهاز تستطيع فطنة الإنسان أن تستنبطه يخلط في قياس مقدار س بإضافة سرعة غير حقيقية، مقدارها بالضبط (−س)، وبذلك يكون الجواب الظاهري دائماً هو الصفر، كما حدث في تجربة ميكلسن ومورلي الأولى.

وقد أسفرت الجهود المتواصلة التي بذلت في التجارب عدة سنين عن أن قوى الطبيعة بدون أستثناء تشترك في مؤامرة منظمة أحسن تنظيم لإخفاء سرعة الأرض في الأثير. هذا بطبيعة الحال ما يقوله الرجل العادي لا رجل العلم الذي يفضل أن يقول إن قوانين الطبيعة هي التي تحول دون الكشف عن حركة الأرض في الأثير، غير أن في كلتا العبارتين ما في الأخرى من معان فلسفية. كذلك يرفع المخترع غير رجال العلم عقيرته قائلاً في يأس وقنوط إن قوى الطبيعة تتآمر عليه، فتعطل سير آلته الدائمة الحركة، في حين أن رجل العلم أن الذي يعطلها عائق أشد خطراً من أن يكون مجرد مؤامر، ألا وهو قانون الطبيعة. وكذلك يخيل إلى المصلح الأجتماعي الغيور غير المستنير، والسياسي الجاهل، أن ثمة مؤامرات من أشد الأنواع وأخطرها رابضة خلف تصاريف القوانين الأقتصادية تمنعهما أن يجنيا من الشوك العنب.

وفي عام ١٩٠٥ أعلن إينشتين ما ظنه قانوناً طبيعياً جديداً، ووضعه في الصيغة الآتية "إن من شأن الطبيعة أن تجعل من

المستحيل تعيين الحركة المطلقة من طريق التجربة أياً كان نوعها" وكانت هذه أوّل صيغة لنظرية النسبية.

ومن أعجب الأشياء أن هذا القانون رجوع لرأي نيوتن وقانونه، فقد كتب نيوتن في كتاب البرنكيبيا:

"من الجائز أن يكون في مناطق النجوم الثابتة البعيدة، وقد يكون في مناطق أبعد منها، جسم في حالة سكون مطلق، ولكن يستحيل علينا أن نعرف، بالرجوع إلى مواضع الأجسام بعضها بالنسبة إلى بعض في مناطقنا نحن، هل تتغير مواضع هذه الأجسام بالنسبة إلى ذلك الجسم البعيد، ويستتبع هذا أنه لا يمكن معرفة السكون المطلق بالرجوع إلى مواضع الأجسام في مناطقنا".

وقد أضاف إلى ذلك قوله:

"ولست أولي هنا أي أعتبار لوسط مّا، إن كان ثمة أي وسط، يتخلل المنافذ التي بين أجزاء الأجسام من غير أن يعوقه عائق".

ومعنى هذا أن نيوتن قد تحقق من أستحالة تعيين السرعة المطلقة للحركة في الفضاء إا لم يكن هناك أثير متغلغل فيه، وأنه رأى كذلك أن هذا الوسط يمكن أن يتخذ أصلاً ثابتاً يستطاع أن ينسب إليه عند تقدير حركات الأجسام كلها.

وأخذ العلم، في خلال القرنين الواقعين بين العهدين، يجدّ في أستقصاء خواص هذا الوسط المزعوم، وها هو ذا إينشتين يأتي فيضربه ضربته القاضية، ويجرد الأثير من أهم خواصه كلها، وهي صلاحيته لأن يكون أصلاً ثابتاً، يمكن أن ينسب إليه عند تقدير السرعة الحقيقية لأية حركة من الحركات.

ويمكن عرض فكرة إينشتين بطريقة أخرى تجعل معناها أكثر وضوحاً. لقد عجز علم الفلك حتى الآن عن أن يكشف عن الجسم الذي فرض نيوتن وجوده في حالة سكون مطلق، في "مناطق النجوم الثابتة البعيدة وقد يكون في مناطق أبعد منها"؛ ولذلك ظل السكون والحركة مجرد تعبيرين نسبيين. فالسفينة التي لا تتحرك هي ساكنة سكوناً نسبياً، أي بالنسبة إلى الأرض، ولكن الأرض متحركة بالنسبة إلى الشمس، وكذلك تتحرك معها السفينة، ولو أن الأرض وقفت حركتها في فلكها حول الشمس، لأصبحت السفينة ساكنة بالنسبة إلى الشمس أيضاً، ولكن الأرض والسفينة كلتيهما تظلان تتحركان وسط النجوم المحيطة بهما؛ فإذا وقفت حركة الشمس بين هذه النجوم، بقيت بعد ذلك حركة نجوم المجموعة المجزية بالنسبة إلى السدم السحيقة؛ وهذه السدم السحيقة تتحرك متقاربة أو متباعدة بسرعات تقدّر بمئات الأميال أو بأكثر منها في الثانية. فإذا ذهبنا في الفضاء إلى أبعد من هذا، فإننا نعجز عن أن نجد مقياساً

للسكون المطلق، ثم تصادفنا فوق ذلك سرعات للحركة متزايدة على الدوام، فإذا لم يكن لدينا أثير متغلغل يرشدنا عجزنا حتى عن تفسير معني السكون النطلق، وكنا أكثر عجزاً عن العثور عليه، إلا أن نظرية إينشتين تبيح لنا على أساس جميع الظواهر الطبيعية التي يمكن مشاهدتها، أن نعترف "السكون المطلق" أي تعريف نريد.

وتلك مسألة حسية محضة، فإن من حقنا أن نقول إذا شئنا إن هذه الحجرة ساكنة ولن تقول لنا الطبيعة كلا. فإذا كانت الأرض تسير في الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية، فيجب أن نتصور أن الأثير يهب في هذه الحجرة كما تهب "الريح خلال أشجار أجمة" بسرعة قدرها ١٠٠٠ ميل في الثانية. وتؤكد لنا نظرية النسبية أن كل ظواهر الطبيعة في هذه الحجرة لا تتأثر بالريح التي تهب بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية، وأنها لا تتغير حتى إذا هبت الريح بسرعة ١٠٠٠٠٠ ميل في الثانية، أي أنها تكون كأن ليس في الحجرة ريح مطلقاً.

وليس بعجيب أو جديد أن كل الظواهر الميكانيكية التي لا صلة بينها وبين الأثير المزعوم لا تتأثر بحركته. ولقد رأينا أن هذا كان معروفاً لنيوتن من قبل. ولكن إذا كان ثمة أثير حقا، فإن مما يثير العجب ألا تتغير الظواهر الضوئية والكهربائية، سواء كان الأثير الذي ينقلها ساكناً أو كان يهب علينا ويتخللنا بسرعة قدرها آلاف الأميال في الثانية. وهذا

يحتم علينا أن نسأل: هل لهذا الأثيلا، الذي يظن أن هبوبه هو سبب الريح، وجود حقيقي أو أنه مجرد خرافة من نسج خيالنا؟ نقول هذا لأننا يجب أن نذكر دائماً أن وجود الأثير مسألة فرضية أدخلها في نطاق العلم علماء الطبيعة الذين سلموا بأن كل شيء لابد أن يفسر تفسيراً آلياً، وقبلوا هذه النظرية على علاتها فأفترضوا وجود وسط آلي ينقل موجات الضوء وكل الظواهر الأخرى الكهربائية والمغنطيسية.

ولأجل أن يبرروا معتقدهم كان عليهم أن يثبتوا أن من الممكن إيجاد مجموعة من قوى الدفع والجذب واللىّ في الأثير، تستطيع أن تنقل كل ظواهر الطبيعة في الفضاء، وتوصلها إلى الطرف الثاني بالحال التي نشاهدها عليها، على نحو ما تنقل مجموعة من أسلاك الأجراس القوّة الآلية من موضع جذبها إلى الجرس نفسه. وقد أستطاعوا على مر الزمن أن يوجدوا هذه المجموعة ولكن أتضح أنها شديدة التعقيد. ولم يكن في هذا التعقيد ما يدعو إلى العجب؛ ألم يكن على الأثير في هذه الحال أن ينقل التأثيرات المشاهدة وألا يكشف عن وجوده أيضا أثناء نقلها؟ لذلك لم يكن من الميسور والحالة هذه أن تعدّ وسيلة آلية تستطيع أن تنقل ظواهر معينة بحيث لا تتغير سواء كان المجرّب أثناء قيامه بتجاربه ساكناً، أو كان يندفع مع الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية. والحق أن مثل هذه الوسيلة الآلية عرضة لأن يوجه إليها أعتراض يقضي عليها، وهو أنها لا

تستطيع أن تجعل هاتين المجموعتين من الظواهر متماثلتين، إلا إذا أفترض لكل منهما وسيلة تختلف عن التي تفترض للأخرى.

ويمكننا أن نوضح هذا الأعتراض بمناقشة أحدى الظواهر السهلة مناقشة مفصلة. فطبقاً لهذا النظام، نظام الأنتقال في الأثير، يُحدث شحن جسم بالكهرباء أنفعالاً في الأثير المحيط به، وهذا يشبه بالضبط ما يحدث إذا أدخل جسم غريب في بحر من الفالوذج. فإذا شحن جسمان ساكنان في الأثير بنوع واحد من الكهرباء تتنافر، والمفروض أن هذا التنافر ينتقل بوساطة الضغوط التي تحدثها في الأثير حالة الأنفعال السالفة الذكر.

ولنفرض مع هذا أن الجسمين المشحونين غير ساكنين في الأثير، بل يتحركان فيه من الشرق إلى الغرب بسرعة واحدة، وليكن مثلاً ١٠٠٠ ميل في الثانية. ولما كان الجسمان لا يزالان في حالة سكون، كل منهما بالنسبة للآخر، فإن نظرية النسبية تقرر أن الظواهر التي يمكن مشاهدتها لا تتغير، بل تبقى كما كان الجسمان ساكنين سكوناً مطلقاً في الأثير؛ ولكن الظواهر في هذه الحالة الثانية يحتاج إحداثها إلى وسيلة غير التي أحتيج إليها في الحالة الأولى وتختلف عنها كل الأختلاف. نعم إن جزءاً من التنافر لا كله لا يزال كما كان نتيجة الأنفعال الحادث في الأثير، أما الباقي فهو نتيجة لقوى مغنطيسية، لا يمكن تفسيرها بأنها ضغوط أو توترات في الأثير، بل

لا بد أن تعزى إلى مجموعات معقدة من الأعاصير والدوّامات.

وتحدث ظواهر كهربائية مغنطيسية أكثر تعقيداً ناتجة عن أشتراك قوى كهربائية مع أخرى مغنطيسية تتخلل الأثير بمقادير مختلفة وتتحرك فيه بسرعات مختلفة، ولذلك فإن كل محاولة لشرح هذه الظواهر شرحاً آلياً تتطلب الأستعانة بوسيلتين مختلفتين تمام الأختلاف لأستحداث ظواهر واحدة، ولا يزال العلم حتى الآن عاجزاً عن تصور أثير يتسع لهاتين الوسيلتين كلتيهما؛ وحتى إذا وجد هذا الأثير فإن هذا النظام المزدوج اللازم لأستحداث ظاهرة واحدة من الظواهر المشاهدة يتعارض مع نظام الطبيعة المألوف تعارضاً يشعرنا بأننا قد أخطأنا الطريق الذي نسير فيه، فما كانت نظرية نيوتن عن الجاذبية لتلقى قبولاً لو أنها أفترضت وجود نظام مزدوج لشرح سبب سقوط التفاحة من الشجرة، فجعلت نظاماً يعمل في الصيف، ونظاماً آخر يعمل في الخريف.

وقد أكد نيوتن نفسه ضرورة مجانبة أمثال هذا النظام المزدوج، فضمن كتابه البرنكيبيا مجموعة من "قواعد التفكير في الفلسفة" تنص القاعدتان الأوليان منها على ما يأتي:

القاعدة الأولى:

"ينبغي ألا نقبل من أسباب الأشياء الطبيعية إلا ما كان منها

صحيحاً وكافياً لتفسير حدوثها، وفي هذا يقول الفلاسفة إن الطبيعة لا تفعل شيئاً عبثاً. ويعدّ الكثير عبثاً إذا كان القليل يفي بالغرض، لأن الطبيعة تستهويها البساطة، ولا تتطلب زخرف الأسباب وفضولها".

القاعدة الثانية:

"ولهذا يجب أن ترجع النتائج الطبيعية الواحدة إلى أسباب واحدة، كلما أستطعنا إلى ذلك سبيلاً".

ومن أمثلة ذلك تنفس الإنسان والحيوان، وسقوط الحجارة في أوربا وأمريكا، وضوء نار الطبخ وضوء الشمس، وإنعكاس الضوء في الأرض وفي الكواكب.

على أن ثمة أعتراضاً أقوى من هذا يواجهنا عندما نفترض أن الأثير الحامل للضوء ينقل الإشعاع والتأثير الكهربائي. لقد رأينا كيف يبدو لنا أن الكهرباء والمغنطيسية واالضوء كلها تتآمر لتمنعنا من تبين الحركة في الأثير، أما الجاذبية فقد بقى علينا أن نبحث في أمرها، وقد ظلت على الدوام بمعزل عن طبائع هذه الظواهر. ذلك أن قانون الجاذبية يتضمن فكرة المسافة، ويقرر أن قوى الجاذبية بين جسمين موقوفة على المسافة بينهما، ولذلك تتساوى هذه القوى إذا تساوت المسافات، فقانون الجاذبية إذن يمكن أتخاذه من الناحية النظرية على الأقل مقياساً تقدر به المسافات.

والأثير الذي ينقل التأثير الكهربائي قلما ينقل التأثير الجذبي أيضاً، لأن الخواص التي يمكن أن نضيفها إليه لا تكفي إلا لتعليل نقله للقوى الكهربائية والمغنطيسية، ولذلك كان متوقعاً أن يكون المقياس الذي يمدنا به قانون الجاذبية مبرءاً من الأنكماش الذي يقول به كل من فتزجرالد ولورنتز، فإذا صار هذا المقياس في حوزتنا وجب أن يكون في مقدورنا أن نقيس به سرعة الأرض في الفضاء.

ولنبحث أحتمال وقوع هذا الأمر متحدثين عنه في أبسط صورة مادية مستطاعة. لتكن أرضنا مثالية ولنتصورها تامة التكوّر. وبما أن جميع نقط سطحها تكون في هذه الحال على أبعاد متساوية من مركزها فإن قوّة الجذب تكون واحدة فيها جميعا، فإذا ما حركت هذه الأرض المثالية في الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية؛ فإن قانون التقلص العادي الذي يقول به فتزجرالد ولورنتز يسبب أنكماش قطر الأرض بما يقرب من ٦٠٠ قدم في أتجاه حركة الأرض، ولذلك يصير طرفاً القطر المنكمش أقرب إلى مركز الأرض من النقط الأخرى التي على سطحها، فتميل كل الأجسام المتحركة على سطح الأرض إلى الأنزلاق نحو هاتين النقطتين.

على أن هذا الأثر لو حدث لكان لضآلته أقل مما تمكن ملاحظته على أرضنا نفسها، لأن أرتفاع سطح الأرض وأنخفاضه، الناشئين مما عليه من جبال ووديان أفترضنا عدم وجودها على أرضنا

المثالية، يخفيان بسهولة هذا التقلص البالغ ٦٠٠ قدم؛ غير أن من ظواهر الجاذبية الأخرى ظواهر تشبه وتحدث على مدى أوسع منها وتمكن ملاحظتها، نذكر منها بوجه خاص الحركات الدورانية لمسارات الكواكب في الفضاء. وتدل هذه الحركات على أن الجاذبية تشترك أيضاً مع قوى الطبيعة الأخرى في إخفاء الحركة في الأثير إذا أجزنا هذا التعبير؛ فإذا كانت المقاييس الممادية يصيبها الأنكماش الذي يقول به فتزجرالد ولورنتز، فإن هذا الأنكماش بعينه يصيب مقاييس الأطوار التي يمدنا بها قانون الجاذبية؛ ولكننا يصب علينا أن نتصور كيف يصيب هذا الأنكماش المقاييس التي يهيئها قانون الجاذبية ما دامت الجاذبية نفسها لا تنتقل في الأثير. وإذن فلا بد لنا أن نستنتج أن الأنكماش الذي يقول به فتزجرالد ولورنتز لا يحدث أبداً، وهذا يضطرنا إلى أن ننبذ فكرة الأثير الآلي من أساسها.

ولينا أن نبدأ من جديد. إن الصعاب التي أعترضتنا إنما نشأت من فرضنا الأول، وهو أن كل شيء في الطبيعة بوجه عام، والموجات الضوئية بوجه خاص، يمكن أن يفسر تفسيراً آلياً، أي أننا قد حاولنا أن ننظر إلى الكون نظرتنا إلى آلة ضخمة، فأدّت بنا هذه النظرة إلى أن نسلك طريقاً خاطئاً، ولذلك يجب أن نبحث عن قاعدة أخرى نسترشد بها في بحثنا.

وخير من هذا التفسير الآلي أن نسترشد بتلك القاعدة التي وضعها وليم الأوكامي [1] وهي: "يجب ألا نفرض وجود كائن مّا إلا إذا أضطررنا إلى فرضه أضطراراً"؛ والمغزى الفلسفي لهذا القول هو نفس المغزى الفلسفي للقاعدة الأولى من قواعد نيوتن في التفكير، وهي التي ذكرناها من قبل؛ وهي قاعدة هدم محض، أي أنها تهدم ولا تبني، فهي تهدم في حالتنا هذه فرض وجود كون آلي ينطوي على أثير ينقل التأثيرات الآلية "في الفضاء الخالي"، ثم لا تأتي بفرض آخر يحل محله.

وأول ما يتبادر إلى الذهن لملء هذا الفراغ هو مبدأ نظرية النسبية القائل "إن الطبيعة تجعل من المستحيل تعيين حركة مطلقة عن طريق التجربة أياً كان نوعها". وقد يبدو غريباً لأول وهلة أن يملأ الفراغ الناشيء من نبذ فكرة الأثير على هذا النحو؛ ذلك بأن الفرضين يختلفان في طبيعتهما أختلافاً يلوح معه أن حلول ثانيهما محل أولهما أمر لا يقبله العقل؛ ولكن واقع الأمر أن كلا منهما يكاد يكون نقيض الآخر بالضبط، فقد كان المفروض أن وظيفة الأثير الأساسية هي أن يهييء لنا أصلاً ثابتاً ينسب إليه، أما خواصه الأخرى فقد كانت كلها خواص تبعية حتمها سعينا للتوفيق بين ما نشاهده من نظام الطبيعة وبين هذا الفرض الأول. ولما كان كل ما تتضمنه نظرية

(1) William of Occam

النسبية في جوهرها هو أنها تنفي هذا الفرض الأول كان كل منهما عكس الثاني تماماً.

ومن أجل هذا كان موضع الخلاف بينهما واضحاً لا غموض فيه، وكانت التجربة كفيلة بأن تفصل في هذا الخلاف؛ وقد فصلت فيه التجارب فصلاً لا إبهام فيه، فقد رأينا كيف فشلت جميع الجهوج التجريبية التي بذلت للعثور على الأثير وكيف أنها من أجل ذلك قد زادت نظرية النسبية تاييداً، ومبلغ علمنا أنه ما من تجربة أجريت إلا كانت مؤيدة لنظرية النسبية.

وكذك هوت نظرية الأثير الآلي عن عرشها، وعلته من بعدها نظرية النسبية، وقد كان نذير هذا الأنقلاب بحث مختصر نشره إينشتين في يونيه من عام ١٩٠٥، وبهذا البحث أنتقلت دراسة أعمال الطبيعة الداخلية من أختصاص العالم المهندس إلى أختصاص العالم الرياضي.

لقد كنا إلى ذلك الوقت ننظر إلى الفضاء على أنه شيء كائن حولنا، وإلى الزمن على أنه شيء يمر بنا أو يتخللنا، وكان يلوح أن الفضاء والزمن يختلفان أختلافاً أساسياً من جميع الوجوه؛ ففي أستطاعتنا مثلاً أن نعود القهقري متتبعين أثر خطواتنا في الفضاء، ولكننا لا نستطيع أن نفعل مثل هذا من الزمن؛ وفي مقدورنا أن نسير

في الفضاء كما نشاء، مسرعين أو متباطئين أو لا نسير أبداً، ولكن أحداً من الناس لا يستطيع أن ينظم سرعة مرور الزمن، فهو يمر بنا جميعاً بسرعة واحدة منتظمة، لا يستطيع أحدنا أن يتحكم فيها، غير أن النتائج الأولى التي وصل إليها إينشتين، حسب ما فسرها منكوفسكي [1] بعد أربع سنوات من ظهورها تتضمن هذه النتيجة الغريبة وهي أن اطبيعة لا تقرّ شيئاً من هذه الفروق.

لقد مرّ بنا قبل ذلك أن المادة كهربائية التركيب، وإذن فجميع الظواهر الطبيعية في آخر الأمر كهربائية. وقد يبن منكوفسكي أن نظرية النسبية تتطلب منا ألا نتصور الظواهر الكهربائية تحدث في كل من الفضاء والزمن على أنفراد، كما كان العلماء يتصوّؤون من قبل، بل تتطلب أن نتصورها تحدث في الفضاء والزمن مندمجين معاً أندماجاً يستحيل معه أن نتبين أي أثر لألتحامهما، وتعجز معه جميع ظواهر الطبيعة أن تقسمهما وهما مندمجان هذا الأندماج إلى فضاء وزمن منفردين.

إننا إذا أدمجنا الطول والعرض معاً حصلنا منهما على مساحة ولتكن مساحة ملعب الكركي؛ وللاعبين المختلفيم طرق مختلفة في تقسيم هذا الملعب إلى بعديْه، فالأتجاه "الأمامي" بالنسبة لقاذف الكرة أتجاه " خلفي بالنسبة لحارس الهدف، وهو أتجاه "من

---

[1] H. Minkowaki

الشمال إلى اليمين" بالنسبة للحكم؛ ولكن الكرة لا تعرف شيئاً من هذه الفروق؛ فهي تذهب إلى حيث ضربت لا توجهها في سيرها إلا قوانين الطبيعة التي تعد الملعب جميعه كلا لا يتجزأ قد أندمج فيه الطول والعرض فأصبحا وحدة منفردة، لا يمكن التفريق بين جزأيها.

فإذا أدمجنا فوق ذلك مساحة "مثل ملعب الكركت" ذات بعدين مع أرتفاع "ذي بعد واحد" حصلنا على فضاء ذي أبعاد ثلاثة، وطالما كنا نفعل هذا قرب الأرض فإننا نستطيع دائماً أن نلجأ إلى الجاذبية لتفصل فضاءنا إلى "أرتفاع" و "مساحة"، فنقول مثلاً إن الأرتفاع هو الأتجاه الذي يكون قذف كرة الكركت فيه إلى مسافة معينة أصعب من قذفها في غيره؛ أما في الفضاء البعيد فإن الطبيعة لا تسعفنا بوسيلة تمكننا من هذا التقسيم، ذلك بأن قوانينها لا تعرف شيئاً عن إدراكنا المحلي المحض للأتجاهين الأفقي والرأسي، وإنما تنظر إلى الفضاء على أنه مكوّن من ثلاثة أبعاد يستحيل تمييز أحدهما عن الآخر بحال من الأحوال.

لقد أنتقلنا في خيالنا بوساطة عملية الأندماج من بعد واحد إلى بعدين، ثم أنتقلنا من بعدين إلى أبعاد ثلاثة، ولكن من الصعب أن ننتقل من ثلاثة أبعاد إلى أربعة، لأننا ليس لنا خبرة مباشرة بفضاء ذي أربعة أبعاد. يضاف إلى هذا الفضاء ذا الأبعاد الأربعة الذي نريد أن نتحدث عنه يصعب تصوره صعوبة خاصة، لأن أحد أبعاده لا يتكوّن

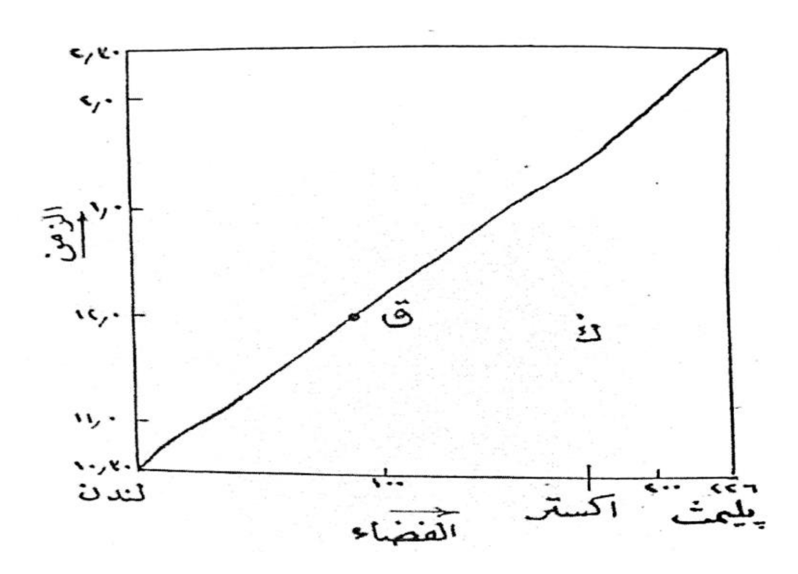
من الفضاء المألوف بل يتكون من الزمن، أي أننا إذا شئنا أن نفهم نظرية النسبية وجب علينا أن نتصوّر فضاء ذا أربعة أبعاد: ثلاثة من أبعاد الفضاء الألوف لنا قد أندمجت مع بعد واحد هو الزمن.

والآن فلنواجه ما يعترضنا من الصعاب واحدة بعد أخرى، فنتصوّره أوّلاً فضاء ذا بعدين يتكوّن من أندماج بعد واحد من الفضاء المألوف وهو الطول مع بعد واحد هو الزمن. وقد يسهل علينا شكل (٢) فهم هذه الفكرة فهو يوضح لنا بالرسم مواعيد القطار السريع الذي يسافر من محطة بادنجتن [١] في الساعة ١٠/٣٠ صباحاً ويصل إلى بليمث [٢] على بعد ٢٦٦ ميلاً منها في الساعة ٢/٣٠ مساء، ويمثل الخط الأفقي الطريق البالغ طوله ٢٢٦ ميلاً والذي يربط المحطتين، كما يمثل الخط الرأسي الوقت الذي يمضي بين الساعة ١٠/٣٠ صباحاً والساعة ٢/٣٠ مساء في كل يوم يسافر فيه القطار.

ويوضح لنا الخط العريض مسير القطار، فالنقطة ق مثلاً على هذا الخط تقابل الزمن ١٢ ظهراً، وتقابل نقطة تبعد بمقدار واحد وتسعين ميلاً ونصف

(١) Paddington

(٢) Plymouth



(شكل ٢) رسم يوضح حركة قطار في الفضاء والزمن.

ميل عن مدينة بادنجتن، وهي تدل على أن القطار قد أجتاز إلى وقت الظهر واحداً وتسعين ميلاً ونصف ميل، في حين تمثل النقطة ك موضعاً قريباً من أكسترا [١] وقت الظهر، وهي لا تقع على الخط العريض لأن القطار لا يكون قد وصل إلى أكستر وقت الظهر، وتمثل مساحة الشكل كلها كل المواضع التي يمكن أن تكون على الطريق بين بادنجتن وبليمث في جميع الأوقات بين الساعة ١٠/٣٠ صباحاً والساعة ٢/٣٠ مساءً؛ وبذلك حصلنا على مساحة أحد بعديها فضائي والبعد الآخر زمني، وذلك بإدماج طول وهو طريق قدره ٢٢٦ ميلاً في زمن وهو أربع ساعات حول وقت

---

(١) Exter

الظهر. وبمثل هذه الطريقة نستطيع أن نتصوّر أبعاد أربعة نسميه "المتصل". وتقول نظرية النسبية، كما يفسرها منكوفسكي، إننا نستطيع أن نتصوّر حدوث جميع الظواهر الكهربائية المغنطيسية في "متصل" ذي أربعة أبعاد: ثلاثة منها فضائية وواحد زمني – ولا يمكن أن نفصل فيه الفضاء عن الزمن أنفصالاً تاماً، أي أن المتصل هو ما يندمج فيه الفضاء والزمن أندماجاً تاماً، ينتج عنه شيء واحد لا تستطيع قوانين الطبيعة أن تميز أحدهما عن الآخر، كما يندمج طول ملعب الكركت وعرضه أندماجاً لا تستطيع معه كرة الكركب الطائرة أن تفرق بينهما؛ فليس الملعب لديها إلا مساحة لم يعد فيها لكل من الطول والعرض على حدة أي معنى من المعاني.

وقد يعترض بأن شكل (٢) لا يقربنا من فهم معنى هذا المتصل، لأنه شكل توضيحي لا أكثر، ولا يمثل في الواقع أندماج الوقت والطول الحقيقيين، بل يوضح أندماج طول واحد مع طول آخر أندماجاً تنتج منه مساحة كما هو معروف – وهي في هذه الحالة صفحة من الكتاب. على أننا يجب ألا نقف طويلاً أمام هذا الأعتراض لأننا سنصل في النهاية إلى أن المتصل ذا الأبعاد الأربعة هو، بهذا المعنى نفسه، تصوير توضيحي لا أكثر، فهو بمثابة إطار يمكننا من أن نعرض فيه أعمال الطبيعة،كما أن شكل (٢) إطار يمكننا من أن نعرض فيه مسير القطار.

وبما أننا نستطيع أن نظهر الطبيعة كلها في حيز هذا الإطار فلا بد أن يكون له ما يقابله من الحقيقة الموضوعية أياً كان نوعها. إلا أن تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن ليس شيئاً موضوعياً، بل هو شيء ذاتي؛ فإذا أتفق أن كنا – أنا وأنت – نسير بسرعتين مختلفتين كان للفضاء والزمن لديّ معنى يختلف عن معناهما لديك، أي أننا نقسم المتصل إلى فضاء وزمن بطريقتين مختلفتين، كما يختلف معنى "أمام" و "يسار" بالنسبة لي ولك إذا كنا نحن الأثنين نتجه أتجاهين مختلفين، أو كما يقسم قاذف الكرة وحارس الهدف ملعب الكركت بطريقتين مختلفتين لا تدري الكرة عنهما شيئاً. وإذا غيرت سرعة حركتي وأستخدمت لذلك مآزل سيارتي، أو قفزت إلى سيارة عامة متحركة، فقد عدّلت بهذا تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن بالنسبة إليّ. وأساس نظرية النسبية أن الطبيعة لا تقر تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن، وفي هذا يقول منكوفسكي: "إن الفضاء والزمن منفردين قد أستحالا مجرد خيالات، وإن أندماجهما على نحو مّا هو وحده الذي يستبقى لنفسه صورة من صور الحقيقة". هذه لمحة عاجلة تبين لماذا كان محتوماً أن تتلاشى الفكرة القديمة، فكرة الأثير الحامل للضوء، فلقد كان المفروض أن الأثير يشغل "الفضاء كله"، ومعنى هذا أنه يقسم المتصل تقسيماً موضوعياً إلى زمن وفضاء؛ وإذا كانت قوانين الطبيعة لا ترى إمكان حدوث هذا التقسيم فإنها لا ترى أيضاً إمكان وجود الأثير.

فإذا شئنا أن نتصور أنتشار الموجات الضوئية والقوى الكهربائية المغناطيسية على أنها أضطرابات في الأثير، وجب أن يكون أثيرنا هذا شيئاً يختلف كل الأختلاف عن الأثير الآلي الذي تصوّره مكسويل وفراداي، فيمكن أن ينظر إليه على أنه تكوين ذو أبعاد أربعة يملأ المتصل كله، ويمتد لهذا السبب خلال الفضاء كله والزمن كله، فنستطيع في هذه الحالة أن ننعم كلنا بأثير واحد. فإذا أردناه أثيراً ذا ثلاثة أبعاد وجب أن يكون أثيراً ذاتياً ليس كمثل أثير مكسويل وفراداي، ووجب أن يحمل كل منا أثيرهمعه، كما يحمل كل مشاهد في مطرة قوس قزحة معه أينما سار؛ فإذا غيرت سرعة حركتي خلقت لنفسي أثيراً جديداً من حولي، كما أحدث لنفسي قوس قزح جديدة إذا خطوت خطوات قليلة في مطرة مشمسة. وإذا لم يكن الكون المتمدد الذي وصفناه من قبل (أنظر ص ٧٢) مجرد خيال فإن أثير كل شخص لا بد أن يتمدّد ويتسع على الدوام. ولا ندري هل يصح أن يسمى تكوين من هذا النوع أثيراً؛ ذلك أننا يصعب علينا أن نجد أية خاصة مشتركة بين هذا الأثير وبين أثير القرن التاسع عشر القديم. والحق أنه ما دامت نظرية النسبية تنقض نظرية الأثير القديم من أساسها، فليس ثمة مجال للشك في أن أي أثير يمكن أن تبقى عليه نظرية النسبية يجب أن يكون عكس الأثير القديم في كل شيء؛ وإذا كان الأمر كذلك فإن إطلاق أسم واحد عليهما يهر كأنه مجهود غير موفق.

ولست أظن أن هناك موضعاً لخلاف حقيقي بين آراء العلماء الثقات في هذا الموضوع. ويقول السير آرثر إدنجتون [1] في ذلك بحق إن نصف علماء الطبيعة النابهين يؤكد أن الأثير موجود، بينما النصف الآخر ينكر وجوده، ثم يضيف إلى ذلك قوله: "وكلا الفريقين يقصدون بقولهم شيئاً واحداً ولا يختلفون إلا في الألفاظ". وقد كتب السير ألفرلدج([2]) وهو أشد الناس في الوقت الحاضر تمسكاً بوجود الأثير وجوداً موضوعياً يقول:

"يسود الأثير بجميع أشكال طاقته المختلفة علم تاطبيعة الحديث، غير أن كثيرين يفضلون أن يتجنبوا أستعمال لفظ "الأثير"، بسبب ما يلازمه من ملابسات القرن التاسع عشر، وأن يستعملوا كلمة "فضاء" وليس يهمنا كثيراً أي الأصطلاحين يستعملون".

وجلى أنه إذا لم يكن ثمة فارق بين لفظي الأثير والفضاء، وإذا كان وجود الأثير وعدم وجوده سواء، فإن أنصاره، بل أشد الناس تحمساً له، لا يستطيعون أن يدّعوا أن له حقيقة موضوعية. وأظن أن خير نظرة ننظر بها إلى أثير هي أن نعدّه أصلا ينسب إليه، كما يعدّ الشكل الذي في صفحة (١١٣) أصلاً ينسب إليه؛ وبذلك يكون وجوده حقيقياً وغير حقيقي معاً، شأنه في ذلك كشأن خط الأستواء

Sir Arthur Eddington([1])

Sir Oliver Lodge ([2])

أو القطب الشمالي أو خط زوال جرينتش ([1]) فهو من خلق الفكر وليس شيئاً مادياً مجسماً. وقد رأينا أن "الأثير" إذا أريد أن تلحق به أداة التعريف، فييكون أثيراً واحداً يتساوى فيه الجميع، ولا يختص به فرد منهم، فإنه يجب أن يفترض فيه أنه يتخلل كل الزمن كما يتخلل كل الفضاء، وأنه لا يوجد فارق صحيح يفصل بين حلوله في الزمن وحلوله في الفضاء. وطبيعي أن الأصل الزمني الذي يجب أن ننسب إليه البعد الزمني للأثير أصل في متناول أيدينا، فهو تقسيم اليوم إلى ساعات ودقائق وثوان. فإذا لم ننظر إلى هذا التقسيم على أنه مادي، وهو ما لا يقول به أحد الآن، ولم يقل به أحد من قبل، فإننا لا يحق لنا أن نعدّ الأثير شيئاً مادياً. ونرى أستنادا إلى ما كشفت عنه في العلم نظرية النسبية حديثاً أن أثيراً مادياً يملأ الفضاء لا بد أن يصحبه أيضاً أثير مادي آخر يملأ الزمن، فهما متلازمان، إما أن يوجدا أو لا يوجدا معاً.

ويظهر من ذلك أننا على حق إلى حدّ ما في نظرتنا إلى الأثير كأنه مجرد فكرة، لا يعدو أن يكون مجرد "أسم ومحل إقامة"؛ ولكن أي شيء يحل في محل الإقامة هذا؟ إن الكون يتألف من موجات، وقد سبق أن عرّفنا "الأثير" بأنه فاعل لفعل "تموج"، ويجب الآن أن ننبذ هذه الفكرة، لأن الأثير المادي المحض الذي نحن الآن بصدده

([1]) Greenwich

لا يستطيع أن يتموّج كما لا يستطيع أن يتموج خط الأستواء أو خط زوال جرينتش ولا يستتبع هذا بطبيعة الحال أنه لا يمكن أن ينتشر شيء موجي في هذا الوسط غير المادي، فنحن نتحدّث عن موجة حرارة وموجة أنتحار دون أن نحتاج إلى وسط متموج ينقلها، وليس ما يمنع موجة الحرارة من أن تنتشر حول خط الأستواء، أو موجة الأنتحار من أن تنتشر على طول خط زوال جرينتش.

وقد يظن البعض أننا، وإن أعوزنا الدليل المباشر على وجود الأثير، لأنعدام أدلة على وجود شيء كالأمواج يمر خلال الأثير؛ وذلك في جميع الظواهر التي تتخذ عادة دليلاً على طبيعة الضوء التموّجية – مثل حلقات نيوتن، وأشكال الحيود، وظواهر التدخل، بوجه عام. ولكن الأمر ليس كذلك، لأننا لا نعرف شيئاً عن هذه الأمواج المزعومة إلا حيث توجد جسيمات مادية في طريقها تكشف لنا عنها؛ وهذه الظواهر التي ذكرناها الآن لا تكشف لنا عن أشياء تمر في الأثير، بل تكشف فقط عن أشياء تسقط على المادة، ومبلغ علمنا أن لا شيء ينتشر البتة أقل تجرداً من المعنويات الرياضية، فهو أشبه شيء بالزوال الفلكي ينتشر على سطح الأرض في أثناء دورانها أمام الشمس. غير أني أستطيع أن أتخيل أحد علماء الطبيعة يتدخل في هذه المرحلة معترضاً، وقد يكون أعتراضه على النحو الآتي:

عالم الطبيعة: إن ضوء الشمس من الخلاء يمثل طاقة تولدت في الشمس وكانت في الشمس منذ ثماني دقائق، والآن قد وصلت إلينا، وإذن فلا بد أنها قد خرجت من الشمس، فيتحتم إذن أن تكون قد سارت في الفضاء الذي يفصل بيننا وبين الشمس، ويظهر لي إذن أن الطاقة لابد أن تنتشر في الفضاء.

عالم الرياضة: فلنحدّد موضوع الخلاف قبل كل شيء أكثر ما يمكن من التحديد، ولنحصر أنتباهنا في حزمة معينة

من ضوء الشمس، ولتكن هي الحزمة التي تسقط على كتابي في مدى ثانية من الزمن وأنا أقرأ الكتاب في ضوء الشمس اللامع. فأنت تقول: إن هذه الحزمة كانت على ما أظن منذ أربع دقائق في الفضاء في منتصف المسافات التي بيننا وبين الشمس، وأنها منذ دقيقتين كانت قد أجتازت ثلاثة أرباع المسافة التي تفصلنا عن الشمس، أليس كذلك؟

عالم الطبيعة: بلي. وهذا ما أقصده من قولي إن الضوء ينتشر في الفضاء أي أن الطاقة تنتقل من جزء من الفضاء إلى جزء آخر.

عالم الرياضة: يفهم من فكرتك أن أجزاء الفضاء المختلفة تحتلها مقادير مختلفة من الطاقة في كل لحظة من الزمن. فإذا كان الأمر كذلك، وجب أن يكون من المستطاع أن نحسب أو نقيس ما

يكون منها في جزء معين في الفضاء في لحظة معينة؛ فإذا فرضت أن الشمس ساكنة في أثير، وأن ضوء الشمس طاقة تنتشر في هذا الأثير، فإني أسلم إذن بأنك تستطيع أن تحصل على جواب صريح لهذه المسألة. وقد أجاب به مكسويل عام ١٨٦٣. وكذلك إذا فرضت أن الشمس، والمجموعة الشمسية كلها معها بطبيعة الحال، تتحرك في الأثير بسرعة منتظمة معلومة، ولتكن ١٠٠٠ ميل في الثانية، فإنك تستطيع أن تحصل أيضاً على جواب صريح لمسألتك هذه. ولكن الإجابتين مختلفتان، وهذا هو أصل المشكلة كلها، فهل تستطيع أن تقول لي أيهما الصحيح؟

عالم الطبيعة: لا حاجة إلى القول بأن الجواب الأوّل يكون صحيحاً إذا كانت الشمس ساكنة في الأثير، وأن الثاني يكون صحيحاً إذا كانت للشمس سرعة منتظمة قدرها ١٠٠٠ ميل في الثانية خلال الأثير.

عالم الرياضة: أجل. ولكنا متفقان على أن "السكون في الأثير" لا معنى له على الإطلاق، وأن "سرعة ثابتة قدرها ١٠٠٠ ميل خلال الأثير" قول لا معنى له أيضاً، فإذا حاولنا أن نجعل لهما معنى من المعاني، فإن كل الواهر الطبيعية تحتم أن يكون لهما معنى واحد، ولذلك أرى إجابتك خالية من كل معنى.

وبهذه الطريقة أو مثلها نرى أن كل محاولة ترمي إلى تقسيم الطاقة وتوزيعها في أجزاء الفضاء المختلفة تؤدي إلى غموض لا تمكن إزالته؛ ويلوح أنه من الطبيعي أن نفترض أن محاولتنا قد وجهت توجيهاً خاطئاً، وأن تجزيء الطاقة في الفضاء خداع باطل.

وكذلك نرى أن كل محاولة ترمي إلى أعتبار الطاقة سيلا مادياً مقضي عليها بالفشل؛ فنحن نستطيع أن نقول عن الماء الجاري إن نقطة معينة منه تكون آناً في مكان وآناً في مكان ثان، وليس الأمر كذلك في حالة الطاقة؛ ذلك أن فكرة سريان الطاقة في الفضاء فكرة تصويرية مفيدة، ولكنها تنتهي بنا إلى سخافات ومتنافضات إذا نظرنا إليها على أنها حقيقة قائمة. وقد وضع الأستاذ يوينتنج [١] قانوناً مشهوراً يوضح لنا كيف يمكن أن تصوّر الطاقة تسري بطريقة خاصة، ولكن الصورة أصطناعية إلى حد يجعلها بعيدة كل البعد عن الحقيقة. فمثلاً إذا كهرب قضيب مغنطيسي عادي ثم ترك ساكناً في موضعه فإن هذا القانون يصور الطاقة تسري حول المغنطيس إلى غير نهاية ي شكل يكاد يشبه حلقات لإعداد لعا من أطفال متماسكين بالأيدي ويرقصون إلى الأبد حول نصبة [٢] ولكن العالم الرياضي يردّ المسألة كلها إلى حقيقتها حين يعدّ سيلان الطاقة مجرد فكرة

(١) Prof. J. H. Poynting

(٢) يقام في البلاد الأوروبية أحتفال في أول مايو من كل عام تنصب فيه أعمدة يرقص حولها الأطفال.

رياضية؛ والحق إنه يكاد يضطر أن يذهب إلى أبعد من ذلك، فيعد الطاقة نفسها مجرد فكرة رياضية، هي ثابت التكامل في معادلة تفاضلية. فإذا فعل ذلك لم يكن وجود قيمتين لمقادير الطاقة في منطقة معينة من مناطق الفضاء أكثر سخافة من وجود زمنين مختلفين في مكان واحد، كاللذين يدل عليهما نظام التوقيت المقرر ونظام التوقيت الصيفي في نيويورك، أو التوقيت المدني والتوقيت النجمي في مرصد من المراصد. أما إذا رفض الأخذ بهذه الفكرة، فعليه أن يدافع عن قضية خاسرة، وهي أن الكون يتكوّن بطريقة مادية من طاقة تظهر في شكليها، آنا في شكل مادة وأناً في شكل إشعاع، وأن الطاقة لا يمكن تحديد مكانها في الفضاء؛ وسنعرض لهذه القضية بالبحث فيما بعد (أنظر ص ١٦٦).

وقبل أن ننتقل إلى البحث فيما تؤدي إليه نظرية النسبية من تطورات أخرى، يلوح أنه من المناسب نبذ لفظ "أثير" والأخذ بلفظ "متصل" الذي يقصد به "الفضاء" ذو الأبعاد الأربعة الذي تخيلناه من قبل، والذي أضيف فيه الزمن إلى أبعاد الفضاء الثلاثة العادية ليكون فيه بعداً رابعاً.

ولما كانت قوانين الطبيعة تعبر عن أحداث في الزمن والفضاء، فإنه يمكن صوغها بطبيعة الحال منسوبة إلى هذا المتصل ذي الأبعاد الأربعة.

وقد وجد عند البحث في هذه القوانين من الناحية الكمية أن من السهل أن نتصور كلا من الزمن والفضاء يقاس بطريقة خاصة جداً وأصطناعية جداً، فلا نقيس الأطوال بالأقدام والسنتيمترات، بل نقيسها بوحدة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل، وهي المسافة التي يقطعها الضوء في الثانية الواحدة وكذلك لا نقدّر الزمن بالثواني العادية، بل نقدّره بوحدة عجيبة مقدارها ثانية مضروبة في $\sqrt{-1}$ (أي الجذر التربيعي للمقدار –١) ويعتبر الرياضيون المقدار $\sqrt{-1}$ عدداً "تخيليا"، لأنه لا وجود له خارج مخيلاتهم، ولهذا يكون قياسنا للزمن بطريقة أصطناعية إلى أبعد حد فإذا سئلنا لماذا أخترنا هذه الطرق العجيبة في القياس، فجوابنا أنها تبدو كأنها طرق الطبيعة نفسها. ومنهما يكن من شأنها فإنها تمكننا من تفسير نتائج نظرية النسبية في أسهل صورة ممكنة؛ فإذا سئلنا بعد ذلك لماذا يكون الأمر كذلك، لم نجد للسؤال جواباً – ولو أننا وجدنا الجواب، لعرفنا من أسرار الطبيعة الخفية أكثر مما نعرف الآن.

فلنتفق إذن على أستعمال طرق القياس العجيبة التي وصفناها الآن، وننشيءمتصلنا على مقتضاها. وقد أثبت منكوفسكي أنه إذا صحت نظرية النسبية، وجب ألا تفرق صيغ قوانين الطبيعة بين الزمن والفضاء، حين ينشأ المتصل على الطريقة التي وصفناها الآن، بل يجب أن تشترك أبعاد الفضاء الثلاثة والبعد الزمني الواحد، بدرجة

واحدة في صوغ كل قانون طبيعي، وإلا تعارض القانون مع مبدأ النسبية.

ثم لوحظ بعد زمن قليل أن قانون الجاذبية المشهور الذي وضعه نيوتن لا يتفق مع الشرط الذي بسطناه الآن؛ وعلى هذا فإما أن يكون قانون نيوتن خاطئاً، أو تكون نظرية النسبية هي الخاطئة. وقد فحص إينشتين عن التعبيرات التي يمكن إدخالها على قانون نيوتن لتجعله متفقاً مع نظرية النسبية، فوجد أن التغيرات اللازمة تتضمن وجود ثلاث ظواهر جديدة لم يكن يتضمنها قانون نيوتن القديم، ومعنى هذا أن الطبيعة تمدنا بثلاث طرق مختلفة يمكن أن يفصل بها فيما بين قانوني إينشتين ونيوتن من خلاف فصلاً مبنياً على الملاحظة؛ فلما أجريت التجارب كانت النتائج في جانب إينشتين في جميع الحالات.

إن ما نسميه "قانون الجاذبية" ليس في الحقيقة إلا قانوناً رياضياً تحسب به عجلة الجسم المتحرك، وهي المعدل الذي تتغير به سرعة حركة الجسم. ويمكن تفسير قانون نيوتن تفسيراً آلياً واضحاً وهو: يتبع كل جسم في تحركه نفس الطريقة التي يتبعها لو أنه – كما يقول نيوتن نفسه – "قد حادت به عن أتجاه حركته المستقيمة" قوة تتناسب مع عكس مربع المسافة؛ ولهذا فرض نيوتن وجود هذه القوة التي سميت "قوة التثاقل" ولكن قانون إينشتين لا يقبل هذا

التفسير ولا غيره من التفاسير الآلية أياً كان نوعها، وهذا دليل آخر، إذا أحتاج الأمر إلى دليل، على أن عصر العلم الآلي قد مضى وأنقضى. ولكن وجد أن هذا القانون يمكن أن يفسر تفسيراً هندسياً سهلاً. ذلك أن كتلة المادة المنجذبة ليس أثرها أن تصدر عنها "قوة" كما تصور نيوتن، بل أن تسبب التواء فيما جاورها من المتصل الرباعي الأبعاد، وإذن لا يكون أنحراف الكوكب المتحرك، أو كرة الكركت المتحركة عن أتجاه حركتهما المستقيمة ناشئاً عن جذب قوة مؤثرة، بل عن إنحناء المتصل.

إن أصعب الأشياء أن نتصور المتصل الرباعي الأبعاد ولو كان غير ملتو، وأصعب من ذلك أن نتصور التواءاته، ولكن قد يساعدنا على تصوره تمثيله بمساحة ذات بعدين. فالسطوح الشبيهة بملعب الكركت أو سطح جلد يدنا متصلات كل منها ذو بعدين، وتشبه الألتواءات التي تحدثها الكتل المنجذبة، الأكوام التي يحدثها حيوان الخلد أو فقاقيع الحروق. فإذا تدحرجت كرة الكركت على أحد هذه الأكوام فإنها "تنحرف عن أتجاه حركتها المستقيمة" كما ينحرف مذنب أو شعاع من ضوء عندما يمر قريباً من الشمس؛ وهذه الألتواءات المتجمعة التي تحدثها في المتصل الرباعي الأبعاد جميع المادة التي في الكون تجعل هذا المتصل يلتوي حتى ينثني على نفسه ويصير سطحاً مقفلاً، وبذلك يصير الفضاء "محدوداً" ويؤدي

ذلك إلى النتائج التي سبق أن شرحناها في الفصل الثاني.

لقد أختفى من الكون الفضاء والزمن بوصفهما كائنين منفصلين وها هي ذي قوى الجاذبية تختفي من ميدان التفكير، ولا تترك سوى متصل مجعد. ولقد رد العلم في القون التاسع عشر الكون إلى مسرح لقوى من نوعين لا أكثر: قوى الجاذبية تسيطر على الظواهر اللكية الكبيرة، وتمسك بأجسامنا وعتادنا على سطح الأرض، وقوى كهربائية مغنطيسية تسيطر على جميع الظواهر الطبيعية الأخرى مثل الضوء والحرارة والصوت والتماسك والمرونة والتغيرات الكيميائية ونحوها. والآن وقد أختفت قوى الجاذبية من العلم فمن حقنا أن نعجب لماذا لا تزال القوى الكهربائية المغنطيسية باقية، وكيف ظلت هذه القوى تشغل مكاناً في المتصل. ومع أن المشكلة لم يفصل فيها نهائياً، فإنه يلوح أن هذه القوى مقدّر لها أن تلقي ما لقيته قوى الجاذبية من قبل وقد نشر فايل([١]) وإدنجتون تباعاً نظريتين لم يستندا فيهما قط على القوى الكهربائية المغنطيسية وحاولا أن يفسرا كل الظواهر الطبيعة على أنها نتائج لهندسة المتصل الخاصة به، ولكن تبين أن هاتين النظريتين لم تسلما من المآخذ. ولإينشتين نظرية أخرى من هذا القبيل، أحدث منها عهداً، وهي لا تزال موضع البحث. ومهما تكن النظرية التي تتغلب آخر الأمر فإنه يلوح من

([١]) H. Weyl

المحقق أن القوى الكهربائية المغنطيسية تستحيل بطريقة ما، وبعد زمن غير بعيد، إلى نوع جديد من تجعد المتصل، يختلف أختلافاً جوهرياً في هندسته – لا في شيء آخر – عن هندسة التجعد التذي عبرنا عن آثاره بالجاذبية. فإذا تحقق ذلك فإن الكون سيكون قد أستحال إلى فضاء فارغ رباعي الأبعاد خال خلواً تاماً من المادة، وعديم الكل كلية، إذا أستثنينا ما في مظهره الخارجي من تجعدات، بعضها كبير وبعضها صغير، بعضها قوي وبعضها ضعيف.

وبذلك يصبح ما سميناه من قبل أنتشار الطاقة، كأنتقال الضوء من الشمس إلى الأرض، مجرد أستمرار لا أكثر لتجعد متغضن على خط في المتصل ممتد إلى ما يقرب من ثماني دقائق من زمننا الأرضي، وما يقرب من ٩٢,٥٠٠,٠٠٠ ميل من مقاييس الأطوال الأرضية. ونحن نرى الآن أننا لا نستطيع أن نصور الطاقة على أنها أنتشار مادي أو موضوعي في الفضاء، إلا إذا أقسمنا المتصل أولا تقسيماً موضوعياً إلى فضاء وزمن، وهذا بالضبط ما لا يسمح لنا أن نفعله.

وقصارى القول أن فقاعة من الصابون، ذات نتوءات وتجعدات على سطحها قد تكون خير ما يمثل به الكون الجديد الذي تكشفه لنا نظرية النسبية تمثيلاً يجمع بين بساطة المواد المألوفة. وليس الكون جوف فقاعة الصابون بل هو سطحها، ويجب أن نذكر دائما

أن سطح فقاعة الصابون ذو بعدين فقط، أما فقاعة الكون فذات أبعاد أربعة: ثلاثة منها فضائية وواحد زمني، وأن المادة التي تنفخ منها فقاعة الصابون، وهي غشاء رغوته، هي فضاء فارغ مندمج في زمن فارغ.

الفصل الخامس

في الأعماق السحيقة

لندرس الآن بتفصيل أوفي هذه الفقاعة من الصابون المصنوعة من الفراغ، والتي يمثل بها العلمُ الحديث الكون. إنّ بسطحها من النتوءات والتجعدات الكثيرة ما يمكن التعرف على نوعين رئيسيين منها، نطلق عليهما الإشعاع والمادة وهما اللذان يلوح لنا أن الكون يتألف من وحداتهما.

وتمثل علامات النوع الأول الإشعاع، الذي ينتشر كل نوع من أنواعه بسرعة واحدة منتظمة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية. فإذا سافر القطار الموضح بشكل ٢ (أنظر ص ١١٣) بسرعة منتظمة قدرها ميل في الدقيقة فإن حركته تمثل بخط تام الأستقامة يميل عن الخط الرأسي بزاوية مقدارها 45^{o}؛ فإذا تتابعت عدة قطر تسير كلها بسرعة منتظمة قدرها ميل في الدقيقة، فإن حركاتها تمثل بعدة خطوط موازية لهذا الخط، فإذا غيرنا سرعتنا الأصلية من ميل في الدقيقة إلى ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية، وأستبدلنا بالأتجاه الأول من لندن إلى بليمث جميع الأتجاهات الممكنة في الفضاء، فإن الرسم الموضح بصفحة (١٣)؛ يتبدل إلى المتصل الرباعي

الأبعاد، ويمثل الإشعاع بطائفة من الخطوط تميل كلها بزاوية ٤٥° عن أتجاه أزدياد الزمن.

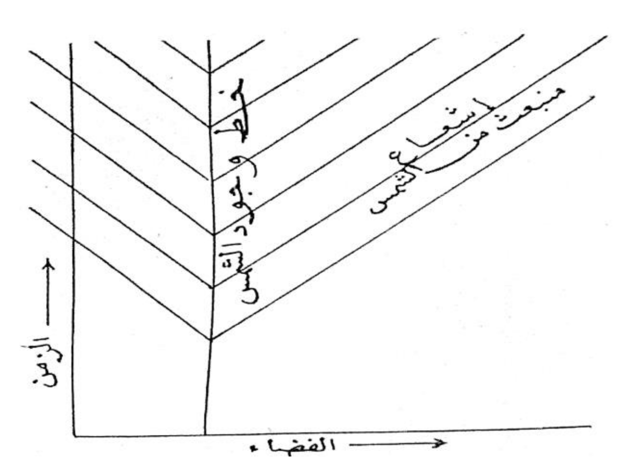
أما علامات النوع الثاني فإنها تمثل المادة، وهذا النوع يتحرك في الفضاء بسرعات مختلفة كثيرة التفاوت، وكل هذه السرعات صغيرة إذا قيست بسرعة الضوء. ولكي نقرب هذا المعنى من الأذهان تقريباً أولياً نفرض أن المادة كلها ساكنة في الفضاء متحركة في الزمن وحده، وعلى ذلك تسير العلامات التي تمثل المادة في أتجاه أزدياد الزمن، شأنها في ذلك شأن القطار الذي يمثل رحلته شكل ٢ (أنظر ص ١١٣) إذا وقف عند محطة، فإن فترة أنتظاره فيها يمكن أن يمثلها جزء صغير من خط رأسي.

وتكون العلامات التي تمثل المادة أشرطة عريضة على سطح فقاعة الصابون، كالخطوط التي ترسمها ريشة مصور على لوحة تصوير؛ وسبب ذلك أن من طبيعة مادة الكون أن تتجمع لتكون كتلاً كبيرة – ومن أمثلة ذلك النجوم وغيرها من الأجرام الفلكسة، ويطلق على هذه الأشرطة أو الخطوط "خطوط الوجود". ويبين خط وجود الشمس موضع الشمس في الفضاء في أية لحظة من الزمن، ويمكن أن نصوره بالرسم كما في (شكل ٣) في الصفحة التالية.

وكما أن الحبل يتكوّن من عدد عظيم من الخيوط الدقيقة،

كذلك يتكوّن خط وجود جسم كبير كالشمس من عدد لا يحصى من خطوط وجود صغيرة هي خطوط وجود الذرات المنفصلة التي تتكوّن منها الشمس، فتدخل الخيوط الدقيقة الحبل الأساسي وتخرج منه في مواضع مختلفة كلما أبتلعت الشمس ذرة أو قذفت بها إلى خارجها.

ويمكن أن نتصور سطح الفقاعة كأنه قطعة من نسيج خيوطها هي خطوط وجود الذرات، فإذا كانت الذرات دائمة لا تفنى فإن خطوط وجودها التي تشبه الخيوط تمتد في طول الصورة كله صوب أتجاه سير الزمن. أما إذا فنيت الذرات فإن الخطوط قد ينقطع فجأة وينتشر من نهاياتها المقطوعة جزازات من خطوط وجود الإشعاع، فإذا تحركنا في أتجاه سير الزمن على طول قطعة النسيج نجد أن خيوطها المختلفة يتبدل أتجاهها



(شكل ٣) رسم يوضح حركة الشمس وإشعاعها في الفضاء والزمن (أنظر شكل ٢

ص ١١٣)

في الفضاء على الدوام، فتتغير مواضعها بعضها بالنسبة إلى بعض. ذلك أن المنسج قد هييء يضطرها أن تفعل ذلك طبقاً لقواعد معينة نسميها نحن "قوانين الطبيعة".

وخط وجود الأرض حبل أصغر من خط وجود الشمس مصنوع وغيرها، وهي التي من مجموعها تتكوّن الأرض. وتتكون كل جديلة من عدة خيوط، هي خطوط وجود ذراتها. ولا تختلف الجديلة التي تمثل جسم الإنسان عن الجدائل الأخرى فيما يلحظ من الأساسيات، وهي تبدل أتجاهها بالنسبة للجدائل الأخرى، ولكنها في هذا التبدل أقل حرية من من الأشجار، فهي كالشجرة تبدأ صغيرة وتنمو بأمتصاصها المتواصل لذرات خارجية، هي غذاؤها. ولا تختلف الذرات التي تتكوّن منها جديلة الإنسان عن الذرات الأخرى في شيء من الأساسيات فتتكوّن الجبال والطائات والأشجار من ذرات تشبهها تمام الشبه.

غير أن للخيوط التي تمثل ذرات جسم الإنسان قدرة خاصة على حمل التأثيرات إلى عقولنا عن طريق الحواس، أي أن هذه الذرات تؤثر في وعينا مباشرة، أما جميع ذرات الكون الأخرى فلا تؤثر فيه إلا تأثيراً غير مباشر عن طريق ذرات جسم الإنسان. ويمكنا أن نفسر الوعي تفسيراً سهلاً بأنه شيء يسكن خارج الصورة بأكملها

ولا يتصل بها إلا عن طريق خطوط وجود أجسامنا.

ووعيك لا يتصل بالصورة إلا على طول خط وجودك، كما يتصل بها وعيي أنا عن طريق خط وجودي أنا، وقس على ذلك. والأثر الذي يحدثه هذا الأتصال هو قبل كل شيء مرور الزمن، فنحن نشعر كأنما نسحب على طول خط وجودنا فنتأثر بالنقط المختلفة عليه والتي تمثل كل منها حالتنا في لحظة من لحظات الزمن.

وقد يكون الزمن من أوله إلى نهاية الأبدية ممتداً أمامنا في الصورة، ولكننا لا نتصل إلا بلحظة واحدة منه، كما أن عجلة الدراجة لا تتصل إلا بنقطة واحدة من الأرض. وإذن فالحوادث كما يقول فايل لا تحدث، وكل ما في الأمر أننا نمر بها مراً، وقد عبر عن ذلك أفلاطون (١) في كتابه طماوس (٢) قبل فايل بثلاثة وعشرين قرناً بقوله:

"الماضي والمستقبل نوعان من أنواع الزمن المخلوقة التي نخلعها خطأ ومن غير أن نشعر على جوهر الأبدية، فنقول "كان" و "كائن" و "سيكون" ولكن الحقيقة أن "كائن" وحدها هي التعبير الصحيح".

---

(١) Plato

(٢) Timeous

فيكون وعينا في هذه الحالة كوعي ذبابة وقعت في طلاسة تمرر فوق سطح الصورو؛ إن الصورة كلها ائنة في مكانها، ولكن الذبابة لا تتأثر إلا بلحظة واحدة من الزمن، هي التي تتصل بها أتصالاً مباشراً، وإن كانت قد تذكر جزءاً صغيراً مما وراءها من الصورة، وقد تخدع نفسها فنتصور أنها تساعد في رسم أجزاء الصورة التي تمتد أمامها.

وربما يصح أن نشبه وعينا بإحساس إصبع الرسام وهو يمر بريشته فوق صورة لم ينته منها، وفي هذه الحال لا يكون أعتقاده بأنه يؤثر فيما سيأتي من أجزاء الصورة مجرد خيال. ولا يستطيع العلم في الوقت الحاضر أن يحدثنا إلا قليلاً عن الطريقة التي يدرك بها وعينا الصورة، لأن أكثر ما يعني به العلم هو طبيعة الصورة نفسها.ولقد مر بنا كيف أن الأثير الذي كان يظن في وقت من الأوقات أنه يملأ الكون قد رد إلى شيء معنوي مجرد، هو إطار للفضاء الفارغ لا يزيد على الأبعاد الفضائية ففقاعة من الصابون يتكوّن غشاؤها من فراغ. وكذلك رّدت الموجات التي كان ين في وقت من الأوقات أنها تخترق هذا الأثير إلى شيء لا يزيد إلا قليلاً على الشيء المعنوي المجرد، فهو تجعدات على المقطع الناشيء عن قطع الفقاعة بالزمن.

وهذه الثفة التجريدية، التي يتصف بها ما كان يعدّ في وقت من الأوقات "موجات أثيرية" مادية، تعود فتظهر في شكل أوضح عندما

نعود لنظام الموجات التي يتكوّن منها الكهرب. "الأثير" الذي ييسر لنا تفسير الإشعاع العادي – كضوء الشمس مثلاً – له ثلاثة أبعاد فضائية مضافة إلى بعده الزمني الواحد، وكذلك توجد مثل هذه الأبعاد للأثير الذي نصف به الموجات التي تكوّن كهربا منفرداً معزولاً في الفضاء؛ وقد يكون هذا الأثير هو نفس الأثير الذي تقدم ذكره وقد لا يكونه، ولكنه في الحالتين يتفق معه في أن له ثلاثة أبعاد فضائية وبعداً زمنياً واحداً. غير أن الكهرب المنفرد المعزول في الفضاء هو كون عديم الحوادث البتة، وإنما تحدث أبسط الحوادث التي يمكن تصورها عندما يتقابل كهربان؛ فلكي نصف في أبسط صورة ما يحدث عند تقابل كهربين تتطلب نظرية الميكانيكا الموجية وجود مجموعة من الموجات في أثير له سبعة أبعاد: ستة منها فضائية – ثلاثة لكل من الكهربين – وبعد زمني واحد. ولأجل أن نصف تاقي ثلاثة كهارب، نحتاج إلى أثير ذي عشرة أبعاد: تسعة منها فضائية – ثلاثة لكل كهرب أيضاً – وبعد زمني واحد.

ولولا ذلك البعد الزمني الأخير الذي يربط كل الأبعاد الأخرى معاً لوجدت الكهارب في أفضية ثلاثية الأبعاد مختلفة غير متصلة، وإذن فالزمن يقوم بما يقوم به الملاط من ربط لبنات المادة معاً، كما يربط العقل الكلي في المستوى الروحي "الذرات الروحية المستغلقة"

التي يقول بها ليبنتز [١]، وقد نكون أقرب إلى الواقع إذا تصورنا الكهارب على أنها مادة الفكر وتصورنا الزمن على أنه عملية التفكير.

وأظن أن أكثر علماء الطبيعة متفقون على أن الفضاء السباعي الأبعاد الذي تصوّر به نظرية الميكانيكا الموجية تلاقي كهربين خيال محض، وفي هذه الحال يجب أن تعد الموجات التي تصحب الكهارب خيالية أيضاً، ولذلك يقول الأستاذ شرودنجر [٢] فيما كتبه عن الفضاء السباعي الأبعاد:

"أنه على الرغم من أن له معنى طبيعياً محدوداً، فإنه لا يجوز لنا أن نقول «بوجوده» وعلى ذلك لا يصح أيضاً أن نقول «بوجود» حركة تموجية في هذا الفضاء، بالمعنى العادي المقصود من كلمة «وجود». وليست تلك الحركة في الحقيقة إلا مجرد وصف رياضي صالح لما يحدث؛ وقد يكون الأمر كذلك في حالة الكهرب المنفرد أيضاً، فلا تعد الحركة الموجية «موجودة» بالمعنى الحرفي الضيق لهذه الكلمة، وإن كان الفضاء الأفتراضي الذي تحدث فيه هذه الحركة ينطبق الصدفة على الفضاء العادي في هذه الحالة البسيطة الخاصة".

---

(١) G. W. Leibnitz

(٢) Prof. E. Schrödinger

غير أنه يصعب علينا أن نتصور كيف نضع طائفة معينة من الموجات في درجة من درجات الحقيقة تقل عن الدرجة التي نضع فيها طوائف أخرى منها، ذلك أن من السخف أن نقول إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية، وإن موجات أزواج الكهارب خيالية. إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية إلى حد تستطيع معه أن تسجل وجودها على لوح فتوغرافي، وأن تحدث الشكل الموضح باللوحة رقم ٢؛ وليس ثمة إلا وسيلة واحدة للتخلص من هذا التناقض والعودة إلى الإنسجام، وهي أن نفترض الموجات جميعها: موجات الكهربين، وموجات الكهرب المنفرد، والموجات التي ظهرت على لوح الأستاذ طمسن الفتوغرافي، في درجة واحدة من الحقيقة أو اللاحقيقة.

ويعالج بعض علماء الطبيعة هذا الموقف بأن يعدّوا موجات الكهرب موجات أحتمال. إننا إذا تحدثنا عن موجة من أمواج المد والجزر فإنما نقصد موجة مادية من الماء تبلل كل ما يقابلها في طريقها، وإذا تحدثنا عن موجة حرارة فإنما نقصد شيئاً يسخن كل مايعترضه في طريقه وإن لم يكن هذا الشيء مادياً، وأما إذا تحدثت الصحف المسائية عن موجة أنتحار، فإنها لا تقصد أن كل فرد في طريق هذه الموجة سوف ينتحر، وإنما تقصد أن أحتمال أنتحاره يزداد، فإذا مرت موجة أنتحار فوق لندن أرتفعت فيها نسبة وفيات

الأنتحار، وإذا مرت فوق جزيرة ربنسن كروزو[1] أزداد الأحتمال بأن هذا الساكن الوحيد سوف يقتل نفسه؛ وكذلك يقال إن الموجات التي تمثل كهربا واحداً حسب نظرية الميكانيكا الموجية قد تكون موجات أحتمال، وتقيس شدة هذه الموجات في أية نقطة معينة درجة أحتمال وجود الكهرب في هذه النقطة.

وإذن فشدة الموجة عند كل نقطة في لوحة الأستاذ طمسن (في شكلي ٢، ٣ لوحة ٢) هي مقياس لما يوجد من أحتمال في أن يصيب اللوحة عندها كهرب منفرد حائد؛ فإذا حادت طائفة بأكملها من الكهارب فإن مجموع عدد الكهارب التي تصيب أية نقطة يتناسب بطبيعة الحال مع درجة أحتمال إصابة كل كهرب منفرد هذه النقطة؛ وعلى ذلك يقيس أسوداد اللوح مقدار الأحتمال لكل كهرب.

ولهذا الرأي ميزة كبيرة؛ هي أنه يُمكِّن الكهارب من أن تحتفظ بذاتيتها فلو أن موجات الكهرب كانت موجات مادية حقيقية لكان محتملاً أن تشتت التجربة السالفة الذكر كل مجموعة من الموجات، بحيث لا يبقى جسيم مكهرب على صورته في الحزمة الحائدة، ولكان كل أصطدام بين الكهارب والمادة يؤدي إلى تحطيم الكهارب، ولما أمكن أعتبار الكهرب تكويناً ثابتاً. ولا حاجة بنا إلى

---

[1] Robinson Crusoe

القول بأن الذي يحيد بالفعل هو سيل الكهارب لا الكهارب المنفردة، أما تلك الكهارب المنفردة فتتحرك على هيئة جسيمات محتفة بذاتيتها كجسيمات.

وكل هذا يتفق مع "نظرية عدم التثبت" أو نظرية "عدم قابلية التحديد" التي قال بها هايزنبرج (أنظر ص ٢٦) والتي جعلت من المستحيل دائماً القول "إن كهربا معيناً يوجد هنا في هذه النقطة بالذات، وإنه يتحرك بسرعة كذا من الأميال في الساعة بالضبط"؛ وكذلك يتفق مع قاعدة ديراك العامة التي سبق توضيحها (أنظر ص ٣٠) غير أن هاتين القاعدتين وحدهما لا تكفيان لتوضيح حقيقة موجات الكهرب كاملة.

ويرى هايزنبرج وبوهر [1] أن هذه الموجات جب أن تعد مجرد تمثيل رمزي لما نعرفه عن حالة الكهرب وموضعه المحتملين. فإذا كان الأمر كذلك فإن هذه الموجات تتغير كلما تغيرت معلوماتنا، ويصبح وجودها إلى حد كبير وجوداً شخصياً لا شيئياً، وبذلك لا تبقى بنا حاجة قط إلى أن نتصور الموجات حالة في الفضاء والزمن، بل تصبح مجرد صور ذهنية لقانون رياضي موجي في طبيعته، ولكنه معنوي محض.

N. Bohr(1)

وهناك أحتمال آخر أقوى من الأحتمال السابق ينشأ أيضاً مما أشار إليه بوهر، وهو أن أدق ظواهر الطبيعة لا يتاح لها البتة أن تظهر في إطار الفضاء والزمن. وبناء على هذا الرأي لا يكون المتصل الرباعي الأبعاد الذي فرضته نظرية النسبية ملائماً إلا لبعض ظواهر الطبيعة، ومن بينها الظواهر ذات المقياس الواسع والإشعاع في الفضاء الخالي، أما الظواهر الأخرى فلا يمكن تصويرها إلا في خارج هذا المتصل. لقد حاولنا من قبل مثلاً أن نصور الوعي على أنه شيء خارج المتصل، ورأينا كيف أن أبسط تصوير لأجتماع كهربين إنما يكون في سبعة أبعاد؛ وفي وسعنا أن نتصور أن الحوادث التي تحدث خارج المتصل كله تحدد ا نسميه "مجرى الحوادث" داخل هذا المتصل، وأن ما يلوح لنا من عدم خضوع الطبيعة لهذا التحديد قد يكون منشؤه أننا نحاول أن نحصر في متصل قليل الأبعاد ما يقع من الحوادث في أبعاد كثيرة. تصور مثلاً نوعان من الديدان العمياء لا تتعدى مداركها الحسية سطح الأرض ذي البعدين، والذي تبتل من حين إلى حين أجزاء منه موزعة فيه على غير نظام معين. فأما نحن الذين تتسع مداركنا لتصور فضاء ذي أبعاد ثلاثة فنسمي هذه الظاهرة مطرة، ونعلم أن الحوادث في البعد الثالث من أبعاد الفضاء تحدد تحديداً مطلقاً عدوم النظير أي الأجزاء سوف تبتل وأيها ستبقى جافة، وأما الديدان التي لا تشعر حتى بوجود هذا البعد الثالث فإنها إذا حاولت أن تقحم الطبيعة كلها في الإطار ذي

البعدين الذي تعيش فيه فإنها لا تستطيع أن تحدد على سبيل الجزم أي الأجزاء تبتل وأيها تظل جافة. ولا تستطيع الديدان العلماء إلا أن تبحث في أبتلال مساحات جد صغيرة أو جفافها في صيغ أحتمالية، وقد تتجه إلى البحث فيه على أنه الحقيقة النهائية. ومع أنه لم يحن بعد الوقت الذي نستطيع فيه أن نبدي في هذه المسألة رأياً قاطعاً فإنه يظهر لي شخصياً أن تفسير المسألة على هذا الوجه سيكون أرجح التفاسير وأكثرها قبولاً. وكما أن الظلال الواقعة على جدار تكون مسقطاً ذا بعدين لحقائق ثلاثية الأبعاد، فكذلك الظواهر التي تقع في متصل الفضاء والزمن قد تكون مساقط ذات أبعاد أربعة لحقائق تشغل أكثر من أربعة أبعاد، وعلى ذلك لا تكون الحوادث التي تقع في الزمن والفضاء "أكثر من صف متحرك من الأشكال الظلّية السحرية تغدو وتروح".

وقد يعترض معترض بأننا قد أعرنا نظرية الميكانيكا الموجية أهتماماً أكثر من الواجب، مع أنها ليست سوى صورة رياضية لا أكثر ولا أقل، على حين أنه قد توجد صور رياضية أخرى يخطؤها الحصر تفي بالغرض وفاء هذه النظرية، وقد تؤدي إلى نتائج مختلفة عن نتائجها كل الأختلاف.

نعم إن الصورة التي تريمها الميكانيكا الموجية ليست هي الصورة الوحيدة، بل إن في الميدان نظماً أخرى ولا سيما نظم

هايزنبرج وديراك، غير أن جميع هذه النظم في حقيقة الأمر تصوّر شيئاً واحداً بعبارات مختلفة كثيراً ما تكون أكثر تعقيداً؛ ولم يوضع بعد نظام آخر يفسر الأمور في يسر كثير ويبدو منطبقاً على الطبيعة كنظام الميكانيكا الموجية الذي وضعه دي برولي وشرودنجر. وتشهد بعض الصور الفتوغرافية كالتي بلوحة (٢) بأن نظام الطبيعة تدخل في تكوينه الأساسي بطريقة ما موجات ذات أطوال موجبة معينة. وهذه الأمواج هي الفكرة الأساسية التي تستند إليها نظرية الميكانيكا الموجية، على حين أنها تبدو في نظرية النظم الأخرى نتائج ثانوية متكلفة. وقد أظهرت نظرية الميكانيكا الموجية بسبب السهولة المتأصلة فيها مقدرة على أن تنفذ إلى أسرار الطبيعة إلى أبعد مما يستطيعه أي نظام آخر، وبذلك صغر شأن جميع النظم الأخرى وتخلفت إلى الوراء. فكأنها النصب الخشبية التي تعين على إقامة البناء وهو عمل له قيمته، غير أننا ليس في وسعنا أن نسند إليها أكثر من هذا.

فإذا شئنا أن نركز أهتمامنا في صورة واحدة من الصور السابقة فلدينا ما يبرر أختيارنا تلك الصورة التي تمدنا بها نظرية الميكانيكا الموجية، وإن كان كل من نظامي هايزنبرج وديراك يؤدي بنا في واقع الأمر إلى نفس النتيجة تقريباً. وحقيقة الأمر في أبسط عبارة هي أن جميع الصور التي يصور بها العلمُ الطبيعة والتي يلوح أنها دون غيرها

هي التي تتفق مع الحقائق المشاهدة إنما هي صور رياضية بحتة.

وسيقول معظم العلماء إنها مجرد صور، ولك أن تسميها خيالات إذا كنت تعني بذلك أن العلم لم يلمس بعد الحقيقة النهائية. وقد يرى كثيرون من الناحية الفلسفية العامة أن أهم ما أنتجه علم الطبيعة في القرن العشرين ليس هو نظرية النسبية وما أدت إليه من إدماج الفضاء والزمن معاً، ولا هو نظرية الكم وما يبدو منها في الوقت الحاضر من إنكار لقوانين السببية، ولا هو تمزيق الذرة وما كشف عنه هذا التمزيق من أن الأشياء ليست كما تبدو في ظاهرها، بل أهم من هذا كله إقرارنا العام بأننا لم نلمس بعد الحقيقة النهائية، فكأننا، كما قال أفلاطون في تشبيهه الشهير، لا نزال محبوسين في كهفنا مستدبرين الضوء، ولا نستطيع أن نشاهد غير الظلال على الجدار. وكل ما يطلب إلى العلم الآن هو أن يدرس هذه الظلال، وأن يبوّبها ويفسرها بأسهل طريقة مستطاعة. وكل ما نحن واجدوه في سيل المعرفة الجديدة المدهشة أن الطريقة التي تفسر هذه الظلال تفسيراً أوضح وأتم وأكثر من غيره أنطباقاً على الطبيعة هي الطريقة الرياضية، أي تفسيرها في صور رياضية. ولقد قال جاليليو إن "كتاب الطبيعة العظيم قد كتب بلغة رياضية" وهو قول صحيح إذا فهم على وجه يختلف بعض الأختلاف عما كان يقصده به، وقد بلغ من صحته حدّاً يجعل من الآمال الضائعة أمل غير الرياضي في أن يصل إلى

تفهم فروع العلم التي تحاول الكشف عن طبيعة الكون الأساسية، أي أن يفهم حق الفهم نظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية الميكانيكا الموجية.

وإذا نظرنا إلى المباديء الأولية وحدها، فإن الظلال التي تلقي بها الحقيقة على جدار كهفنا يمكن أن تكون على عدة أنواع؛ فمن الممكن أن نتصور أنّ هذه الظلال عديمة المعنى كلية بالنسبة إلينا، كما يبدو عديم المعنى شريط سينمى يوضح نموّ الأنسجة الدقيقة لكلب تسلل خطأ إلى حجرة المحاضرات. والحق أن أرضنا جد صغيرة إذا قيست بالكون كله، وأن جميع الظواهر تدل على أننا نحن الأحياء المفكرين الوحيدين في الفضاء كله، حسب ما وصل إليه علمنا، قد وجدنا على ظهرها بطريق المصادفة، بعيدين كل البعد عن دائة النظام الأصلي للكون، حتى ليحتمل كل الأحتمال بداءة، أنه مهما يكن معنى الكون بوجه عام، فإن هذا المعنى يسمو على تجاربنا الدنيوية سموّاً يجعلنا عاجزين عن إدراكه، فإذا صح ذلك كان معناه أنه ليس لنا ما نعتمد عليه حين نبدأ في البحث عن المعنى الحقيقي للكون.

ومع أن هذا هو أكثر الأمور أحتمالاً، فليس ثمة ما يمنع من أن تكون بعض الظلال التي ألتقيت على جدران كهفنا قد توحي إلينا بأشياء وأعمال ألفناها نحن سكان الكهوف في كهوفنا من قبل. فظل

الجسم الساقط يسلك كما يسلك الجسم الساقط نفسه، ولذلك يذكرنا بالأجسام التي سبق أن أسقطناها، ويغرينا بأن نفسر هذه الظلال تفسيراً آلياً. وهكذا نشأ علم الطبيعة الميكانيكية في القرن الماضي، فإن هذه الظلال كانت تذكر العلماء من أسلافنا بسلوك الهلاميات والدوّامات الدرّارة وقضبان الضغط والعجلات المسننة، ولذلك ظنوا الخيالات حقائق، فأعتقدوا أنهم يرون أمامهم كوناً من الهلاميات والأدوات الميكانيكية. أما نحن فنعرف الآن أن هذا التفسير ناقص نقصاً بنياً، لأنه عاجز عن أن يفسر أبسط الظواهر، كأنتشار شعاع الشمس، وتركيب الإشعاع، وسقوط التفاحة، ودوران الكهارب في الذرة.

وكذلك يذكرنا ظل مباراة الشطرنج التي يقوم بها اللاعبون في ضوء الشمس بمباريات الشطرنج التي قمنا بها من قبل في كهفنا. وقد نميز حيناً بعد حين حركات الفرسان، أو نشاهد تاطوابي تتحرك في وقت واحد مع الملوك والوزراء، أو نرى حركات خاصة لقطع الشطرنج تشبه الحركات التي أعتدنا أن نأتيها نحن فلا نستطيع أن نعزوها إلى المصادفة، ولا نعود ننظر إلى الحقيقة الخارجية نظرتنا إلى الآلة، لأن دقائق عملها قد تكون آلية ولكنها في جوهرها حقيقة فكرية؛ ولذلك يجب أن ننظر إلى لاعبي الشطرنح في ضوء الشمس على أنهم كائنات تسيطر عليهم عقول مثل عقولنا، وأن نجد ما

يطلبق أفكارنا في عالم الحقيقة التي ظلت على الدوام محجوبة عن مشاهدتنا المباشرة.

وعندما يدرس العلماء دنيا الظواهر، أي الظلال التي تلقي بها الطبيعة على جدار كهفنا، فإنهم لا يجدون هذه الظواهر غامضة غموضاً تاماً، ولا يجدونها تمثل أجساماً غر معروفة أو غيرمألوفة، بل الأمر كما يظهر ليّ هو أننا نستطيع أن نتبين لاعبين للشطرنج في ضوء الشمس يلوح أنهم ملمون إلماماً تاماً بقواعد اللعب كما وضعناها نحن في كهفنا. والآن فلنترك هذه الأستعارات ونقول إنه ليوح أن الطبيعة ملمة بقواعد الرياضة البحتة كما وشعها علماؤنا الرياضيون في أثناء دراساتهم، فأخرجوها من خبايا وعيهم من غير أن يلجأوا كثيراً إلى صلاتهم بالعالم الخارجي. والمقصود "بالرياضة البحتة" تلك الأقسام الرياضية التي هي من أبتداع التفكير البحت، ومن عمل العقل في دائرته الخاصة، وهي غير "الرياضة التطبيقية" التي تفكر في الوجود الخارجي، بعد أن تفترض له خواص تجعل منها مادتها الأولية. وقد بحث ديكارت فيما حوله عن مثل للإنتاج العقلي البحت لا تشوبه الملاحظة، (مذهب العقليين) فأختار الحقيقة الآتية، وهي أن مجموع زوايا المثلث الثلاث يساوي حتماً زاويتين قائمتين. وقد كان هذا الأختيار كما نعلم الآن غير موفق، وكان من السهل أن يعمد إلى أختيار أمثلة أخرى أقل تعرضاً للنقد من المثال

السابق، كقوانين الأحتمالات وقوانين عمليات الأعداد "التخيلية" وهي أعداد تحتوي على جذور تربيعية لمقادير سالبة، أو الهندسة المتعددة الأبعاد. ولقد وضع هذه الفروع الرياضية في الأصل العلماء الرياضيون ةصاغةها في صيغ التفكير المجرد، لا يكادون يتأثرون فيه بأتصالهم بالعالم الخارجي ولم يستعينوا عليه بشيء من خبرتهم فأوجدوا بذلك "عالماً مستقلاً" خلقوه بقوة التفكير الخالص".

والآن نستبين أن التمثيل الظلي الذي نسميه سقوط التفاحة على الأرض، أو أرتفاع الماء وأنخفاضه في المد والجزر، أو حركة الكهارب في الذرة، كلها أدوار يقوم بها ممثلون متضلعون في هذه المدركات الرياضية البحتة – مضلعون في قوانين لعبة الشطرنج التي وضعناها من عهد طويل قبل أن نعرف أن الظلال التي على الجدار كانت هي أيضاً تلعب الشطرنج.

فإذا حاولنا أن نكشف عن طبيعة الحقيقة المستترة وراء هذه الظلال، واجهتنا الحقيقة الآتية، وهي أن كل المناقشات عن الطبيعة النهائية للأشياء تكون حتماً غير مجدية ما لم يكن لدينا مقاييس خارجية نقيسها بها، ولهذا السبب يكون "الجوهر الحقيقي للأشياء"، كما يقول لوك [1] مما لا يستطاع معرفته، ويكون الطريق الوحيد الذي يجب أن نسلكه لنتقدم به إلى الأمام هو بحث القوانين التي

J. Locke([1])

تتحكم في التغيرات التي تحدث في المادة، وتنتج عنها ظواهر العالم الخارجي التي نستطيع أن نوازن بينها وبين ما أوجدته عقولنا من صور معنوية.

وإليك مثلاً لذلك، إن المهندس الأصم الذي يدرس عمل بيان آلي [1] قد يحاول أوّلاً أن يفسره بأنه آلة، ولكنه يعجز عن أن يفهم أستمرار تتابع المسافات ١، ٥، ٨، ١٣ في حركات ضواغطها، ولكن الموسيقى الأصم، وإن كان لا يسمع شيئاً، يدرك على الفور أن هذا التتابع العددي هو مسافات موسيققية في مجموعة الأصوات التوافقيةة التي تعرف بالمجموعة العادية [2]، على حين أن غيرها من المسافات الموسيقية المتتابعة والأقل حدوثاً هي لمجموعات موسيقية أخرى، وبهذه الطريقة يشعر بصلة بين أفكاره هو وبين الأفكار التي أدت إلى صنع هذا البيان الآلي، ويقول إن هذا البيان الآلي قد أوجدته أفكار موسيقى. وبمثل هذه الطريقة نفسها وصلنا بدراسة عمل الكون دراسة علمية إلى نتيجة يمكن أن نلخصها بقولنا: إن الكون يبدو كأنما قد وضع تصميمه عالم من علماء الرياضة البحتة، وإن لم يكن هذا التعبير ناقصاً غير دقيق لأننا لا نملك إلا تلك اللغة التي تمدنا بها مدركاتنا وتجاربنا الدنيوية.

---

(1) الـ pianola وهو بيان يدار بطريقة آلية.

(2) ما يسمى بالإنجليزية "Common Cord" والمؤلف من "دو" و "مي" و "سول". وجواب الـ "دو" وتقابل السلم العربي "الرصد" والـ "بيمبوسلك"، "النواة" والـ "الأوج".

ولا نكاد نأمل أن تسلم هذا الرأي من النقد، بحجة أننا إنما نكيف الطبيعة حسب آراء لنان سبق تصورها، فقد يقال إن الموسيقى ربما يكون قد ملكت لبه الموسيقي حتى أصبح يحاول تفسير كل قطعة من جهاز على أنها آلة موسيقية؛ وقد تتأصل فيه عادة النظر إلى المسافات على أنها مسافات موسيقية، فإذا ما سقط عن سلم وأصطدم بدرجاته: الأولى والخامسة والثامنة والثالثة عشرة بطريق المصادفة رأى في سقوطه هذا نغماً موسيقياً. وكذلك المصور على طريقة المكعبات، لا يرى سوى المكعبات في كل ما تحتويه الطبيعة من ثراء يجل عن الوصف؛ غير أن عدم أنطباق صوره على الحقيقة يدل على أنه بعيد كل البعد عن أن يفهم الطبيعة؛ وليست نظراته المكعبية إلا غمامات تمنعه من أن يرى إلا جزءاً ضئيلاً من العالم الفخم الذي يحيط به. كذلك يمكن أن يقال إن العالم الرياضي لا يرى الطبيعة إلا من خلال الغمامات الرياضية التي أصطنعها لنفسه. ومما هو جدير بالذكر أن "كانت [1]" أختتم بحثه في طرق الإدراك التي يفهم بوساطتها العقل الإنساني الطبيعة بقوله إن العقل يميل بصفة خاصة إلى أن ينظر إلى الطبيعة من خلال مناظير رياضية، وكما أن الإنسان الذي يضع على عينه منظاراً أزرق لا يرى إلا عالماً أزرق، فكذلك يرى "كانت" أننا بسبب تحيزنا العقلي نميل إلى أن نرى عالماً رياضياً فحسب؛ فهل يكون جدلنا هذا مجرد

---

(1) Kant.

تصوير لهذه العثرة القديمة إن صح أنها عثرة؟

ولحظة من التفكير تجعلنا نرى أن الأمر لا يمكن أن يقف عند هذا الحد، فإن التفسير الرياضي الجديد للطبيعة لا يمكن أن يكون كله ناشئاً من نظرتنا إليها – أي من نظرتنا الذاتية إلى العالم الخارجي – ولو كان الأمركذلك لكنا قد عرفناه منذ أمد طويل. إن العقل الإنساني في نوعه وأسلوب تفكيره لم يتغير الآن عما كان منذ قرن مضى، ولذلك فإن التغير الحديث الهام الذي طرأ على التفكير العلمي إنما نتج عن تقدم سريع في المعارف العلمية، ولم ينتج عن أي تبدل في العقل الإنساني. لقد وجدنا شيئاً جديداً لم يكن من قبل معروفاً في الكون الموضوعي القائم خارجاً عنا؛ وقد فشل أسلافنا الأقدمون حين حاولوا تصوير الطبيعة في صور بشرية قاموا هم بخلقها، وكذلك فشل أسلافنا الأقربون في تصوير الطبيعة على أسس من الهندسة الإنشائية، لأن الطبيعة أبت أن تلائم بينها وبين هاتين الصورتين اللتين هما من وضع الإنسان، على حين أن محاولتنا تفسير الطبيعة بصيغ من مدركات الرياضة البحتة قد أصابت نجاحاً باهراً حتى الآن. وقد يلوح أنه لا نزاع الآن في أن الطبيعة تتفق بطريقة ما مع مدركات الرياضة البحتة أكثر مما تتفق مع مدركات علم الأحياء أو الهندسة الإنشائية، وحتى إذا كان التفسير الرياضي هو أيضاً صورة ثالثة من وضع الإنسان، فإنه على الأقل يلائم الطبيعة

الخارجية أكثر مما تلائمها الصورتان اللتان حاولنا تطبيقهما من قبل.

وعندما حاول العلماء منذ مائة عام أن يفسروا العالم تفسيراً آلياً لم ينبر لهم رجل حكيم يؤكد لهم أن النظرة الآلية لا بد أن يخطئها التوفيق في آخر الأمر، وأن الظواهر الكونية لن يكون لها معنى إذا لم تعرض عرضاً رياضياً بحتاً، ولو أنهم تقدموا بحجة مقنعة في هذا السبيل لوفروا على العلم ما بذله من جهود كثيرة عميقة. فإذا قال أحد الفلاسفة الآن: "ليس ما وفقتم إليه بالشيء الجديد، لقد كنت أستطيع أن أقول لكم على الدوام إن هذا هو الذي يجب أن يكون" فإن العالم قد يسأله بحق: "ولِمَ لم تخبرنا بهذا إذن، فكنا نقف على معلومات قَّيمة حَقاً؟".

ونحن نزعم أن الكون يبدو لنا الآن في مظهر رياضي، ولكن بمعنى يختلف كل الأختلاف عن كل ما فكر فيه "كانت"، وعن كل ما كان يمكن أن يفكر فيه؛ وجملة القول إن الرياضة هبطت على الكون من أعلى ولم تجئه من أسفل.

وربما قيل إن كل شيء رياضي بمعنى مّا. وأبسط فروع الرياضيات هو الحساب، علم الأعداد والمقادير التي تتغلغل في الحياة بأسرها. فالتجارة مثلاً، وأهم ما فيها العمليات الحسابية: إمساك الدفاتر وجرد البضائع ونحوهما، هي في معنى من معانيها

صناعة رياضية، ولكن الكون لا يبدو الآن رياضياً بهذا المعنى.

وكذلك يجب أن يكون كل مهندس رياضياً إلى حد مّا، إلا أنه إذا شاء أن يحسب الخواص الميكانيكية للأجسام ويتنبأ بها بدقة كان عليه أن يستخدم في تلك المعلومات الرياضية، ويبحث في مسائله من خلال مناظير رياضية. ولكن هذه أيضاً ليست هي النظرة التي أخذ العلم ينظر بها إلى الكون على أنه كون رياضي؛ ذلك أن رياضة المهندس لا تختلف عن رياضة صاحب الحانوت إلا في أن الأولى أكثر تعقيداً من الثانية، وإن كانت لا تزال مجرد وسيلة للحساب، فهي لا تستخدم في تثمين البضائع التي في السوق أو تقدير الأرباح، بل تستخدم في أحتساب الإجتهادات والأنفعالات أو التيارات الكهربائية.

وكذلك يروي بلوتارخوس[١] أن أفلاطون كان يقول: "إن الله يهندس على الدوام " ثم يتخيل بلوتارخوس مجلساً من مجالس العلم قد عقد ليناقش ما كان يقصده أفلاطون بقوله هذا. ولا شك في أنه كان يقصد شيئاً يختلف كل الأختلاف في نوعه عما نعنيه نحن بقولنا إن صاحب المصرف دائماً. ومن بين الأمثلة التي يعرضها بلوتارخوس قوله: إن أفلاطون قد قال إن الهندسة تقيم حدوداً لأشياء ما كانت تحدّد بدونها؛ وإنه قال إن الله قد أقام الكون على أساس الخمسة المجسمات المنتظمة، وإنه كان يعتقد أن الجسيمات التي

---

(١) Plutarch

تتكوّن منها الأرض والهواء والنار والماء هي على الترتيب مكعبات وثمانيات الأوجه وأهرام ثلاثية ومن ذوات العشرين وجهاً، وأن الكون نفسه مشكل على هيئة مجسم ذي إثنى عشر وجهاً. ويمكن أن يضاف إلى هذا ما كان يعتقده أفلاطون من أن أبعاد الشمس والقمر والكواكب "تتناسب مع المسافات الثنائية" وكان يعني بهذه المسافات سلسلة الأعداد الصحيحة التي هي قوى ٢ أو ٣ – أي ١، ٢، ٣، ٤، ٨، ٩، ٢٧.

وإذا كان رأي من هذه الآراء قد أحتفظ بظل من الحقيقة حتى اليوم فذلك أوّلها، وهو القائل بأن الكون الذي صوّرته نظرية النسبية كون منته لا لسبب سوى أنه هندسي. أما فكرة وجود صلة أياً كان نوعها بين العناصر الأربعة والكون من جهة، وبين المجسمات الخمسة المنتظمة من جهة أخرى فلم تكن إلا وهما من الأوهام، كما أنه لا توجد صلة ما بين الأبعاد الحقيقية للشمس والقمر والكواكب وبين أعداد أفلاطون.

وجاء كبلر [١] بعد ألفي سنة من عهد أفلاطون، فأنفق كثيراً من الوقت والجهد محاولاً أن يضع مقادير مدارات الكواكب على نسب مسافات موسيقية وفي تراكيب هندسية؛ وربما كان هو أيضاً يرجو أن يكشف أن المدارات قد نظمها موسيقى أو عالم من علماء الهندسة.

---

(١) Kepler.

ولقد ظن بالفعل في وقت مّا أنه كشف أن المدارات تتفق نسبها مع هندسة المجسمات الخمسة، ولو أن أفلاطون قد عرف هذه الحقيقة المفترضة لوجد فيها أكبر دليل على ميول الخالق الهندسية. ولقد كتب كبلر نفسه يقول: "لا تستطيع اللغة أن تعبر عن سروري العظيم بهذا الكشف" ولا حاجة بنا إلى القول إن هذا الكشف العظيم كان خاطئاً، وإن عقولنا الحديثة لترفضه على الفور، لأنه يدعو إلى السخرية والأستهزاء، إذ يستحيل علينا أن نتصوّر أن المجموعة الشمسية خلقت كاملة كما هي، وأنها اليوم كما خرجت من يد صانعها، بل يجب أن ننظر إليها على أنها شيء دائم التغير والتطوّر، وأنها تصطنع مستقبلها من ماضيها. ولو أننا أستطعنا أن نفكر ولو برهة من الزمن بعقول العصور الوسطى، فنتخيل أن أوهام كبلر حقيقية، وياله من خيال غريب، لتبين لنا أنه كان خليقاً به من غير شك أن يخرج منها بنتيجة مّا، ولوجب أن يكون في النظام الرياضي الذي عثر عليه في الكون قدر يزيد على القدر الذي أضافه هو إليه، ولأستطاع أن يقول بحق إن في الكون رياضة متأصلة فوق الرياضة التي أستخدمها هو في الكشف عن هندسته، ولبسط حجته في لغة المشبهة [1] فقال إن كشفه يشير إلى أن الكون أصطنعه عالم من علماء الهندسة، وما كان أهتمامه بقول ناقديه إن الرياضة التي كشف عنها إنما هي من صنع نظراته الرياضية إلى الكون ليزيد على

([1]) المشبهة هم الذين ينحلون الله أوصاف البشر.

أهتمامصائد السمك الذي يصطادم سمكة كبيرة بأستخدام سمكة صغيرة طعماً لها، إذا قيل له "لقد رأيتك تضع بنفسك السمكة".

وإلى القاريء مثالاً لهذا أكثر جدة وأقل خيالاً. أريد منذ خمسين عاماً عندما كثر الجدل حول فكرة الأتصال بالمريخ [1] أن يخطر أهل ذلك الكوكب، على فرض وجودهم، بأن عى سطح الارض خلقاً مفكرين، ولكن عرضت صعوبة العثور على لغة يفهمها الطرفان، فأشير في ذلك الوقت إلى أن أصلح لغة يفهمانها هي لغة الرياضة البحتة، وأقترح أن تشعل سلاسل من المشاعل في الصحراء الكبرى [2] بحيث تكوّن شكلاً يوضح نظرية فيثاغورس [3] الشهيرة، وهي التي تنص على أن مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الصغيرين في مثلث قائم الزاوية يساوي المربع المنشأ على الضلع الأكبر. وقد لا يكون لهذه الإشارات أي معنى لدى أغلب أهل المريخ، ولكن قيل إن علماء الرياضة في المريخ، إن كان في المريخ رياضيون، لا بد أن يفهموا أن هذه الإشارات من عمل علماء الرياضة في الأرض، وهم في ذلك لا يمكن أن يتهموا بأنهم يرون الرياضة في كل شيء. ويلوح لي أن هناك شبهاً بين هذا وبين الإشارات التي تأتي من عالم الحقيقة الخارجي والتي تلقي الظلال على جدران الكهف

---

(1) Mars

(2) The Sahara

(3) Pythagoras

الذي نحن مسجونون فيه، مع مراعاة ما بين الحالتين من فروق في التفاصيل. غير أننا لا نستطيع أن نفسر هذه الظلال بأنها ظلال يلقيها ممثلون أحياء أو تلقيها آلة من الآلات، ولكن عالم الرياضة البحتة يعرف أنها تمثل نوعاً من الآراء التي سبق أن أَلِفَها في دراساته.

ولن نستطيع بطبيعة الحال أن نخرج من هذا بأية نتيجة إذا كانت مدركات الرياضة البحتة التي نجدها متأصلة في تركيب الكون ليست إلا جزءاً من مدركات الرياضة التطبيقية التي أستخدمناها للكشف عن نواميس الكون، أو كانت قد دخلت في تركيب الكون عن طريقها. وإذا ما تبين أن الطبيعة لا تعمل إلا طبقاً لمدركات الرياضة التطبيقية، فليس يدل هذا على شيء، لأن هذه المدركات إنما وضعها الإنسان عن قصد وتدبر لتلائم سنن الطبيعة، ولهذا قد يعترض أيضاً بأن رياضتنا البحتة نفسها لا تمثل في الحقيقة والواقع إحدى مبتكرات عقولنا بقدر ما تمثل محاولة لفهم سنن الطبيعة تستند على ذكريات منسية أو كامنة في العقل الباطن. فإذا كان الأمر كذلك فلا عجب أن تكون الطبيعة تعمل لقوانين الرياضة البحتة، وليس من المستطاع أن ننكر أن بعض المدركات التي يعمل على أساسها عالِم الرياضة البحتة إنما أخذها مباشرة عن أتصاله بالطبيعة. ومن الأمثلة الواضحة لهذه المدركات فكرة المقدار، وإن كانت هذه

من المدركات الأساسية التي يصعب تصوّر نظام للطبيعة يمكن إخراجها منه إخراجاً تاماً. وثمة مدركات أخرى لصلتنا بالطبيعة بعض الأثر فيها، ومنها الهندسة المتعددة الأبعاد التي نشأت من غير شك عن صلتنا بأبعاد الفضاء الثلاثة، فإذا كانت المدركات الرياضية البحتة الأكثر تعقيداً قد أنتقلت إلينا من سنن الطبيعة نفسها، فلا بد أنها كانت كامنة في عقلنا الباطن في قرار منه بعيد. وهذا الأحتمال القابل للجدل الكثير لا يمكن إهماله إهمالاً تاماً، غير أنه من أصعب الأشياء أن نعتقد أن هذه المدركات المعقدة كفكرة الفضاء المنحنى المنتهي وفكرة الفضاء المتمدد قد جاءت إلى عالم الرياضة البحتة من أتصالنا بسنن الكون ذاته أتصالاً لا شعور أو باطنياً. ومهما يكن من شيء فقلما يجادل أحد في أن الطبيعة وعقولنا الرياضية الواعية تعمل طبقاً لقوانين واحدة. فالطبيعة لا تكيف سلوكها، إذا جاز هذا التعبير، حسب ذلك السلوك الذي تفرضه علينا أهواؤنا وعواطفنا، أو حسب سلوك أعصابنا ومفاصلنا، ولكنها تتكيف حسب سلوك عقولنا المفكرة؛ ويظل هذا الرأي صحيحاً سواء كانت عقولنا هي التي تفرض قوانينها على الطبيعة، أو كانت الطبيعة هي التي تفرض قوانينها علينا، وفيه ما يبرز تبريراً كافياً ما نراه من أن الكون قد أقيم على أسس رياضية. فإذا عدنا مرة أخرى إلى لغة المشبهة البدائية التي أستعملناها من قبل قلنا إننا لم نرتض أن يكون الكون قد وضع رسومه مهندس أو عالم في علوم الأحياء، وها قد بدأ الآن يتضح،

مما في خلق الكون نفسه من دليل، أن مبدع الكون الأعظم عالم من علماء الرياضة البحتة.

لكنني شخصياً أشعر أنه يمكن مؤقتاً الأنتقال بهذا التفكير المتسلسل خطوة أخرى، وإن كان يصعب التعبير عنها بعبارة صحيحة دقيقة، وذلك لأن لغتنا الدنيوية أيضاً، فأقول إن العالم في الرياضة البحتة الذي يعيش على الأرض لا يعني بالأجسام المادية، بل يعني بالأفكار الخالصة؛ وليست مبتكراته من خلق الفكر فحسب، بل هي أيضاً مكوّنة من الفكر، كما تتكوّن مبتكرات مهندس الآلات من آلات. ويبدو لعقلي أن الدركات التي ثبت الآن أن لا بد منها لفهم الطبيعة فهماً صحيحاً – كالفضاء المتناهي، والفضاء الخالي الذي لا تختلف فيه نقطة عن غيرها إلا بأختلاف خواص الفضاء وحدها، والفضاء الرباعي أو السباعي أو الكثير الأبعاد، والفضاء الدائم التمدّد، وتتابع الحوادث التي تقع فوق قوانين الأحتمالات لا وفق قانون السببية، أو تتابع الحوادث التي لا يمن وصفها وصفاً تاماً لا تناقض فيه إلا بأخراجها من نطاق الفضاء والزمن – أقول يبدو لعقلي أن هذه المدركات كلها مكونات من الفكر الخالص، لا يمكن إخراجها إلى عالم الحقيقة المادية مهما يكن المعنى الذي يحق لنا أن نفهمه من لفظ "مادية".

وإليك مثلا لهذا، كثيراً ما يعترض على الذي يكتب أو يحاضر

في نهائية الفضاء، بأن وجود فضاء متناه فكرة لا معنى لها وتناقض نفسها بنفسها؛ ويقول النقاد إنه إذا كان الفضاء منتهياً، فإن من المستطاع الخروج عن نهاية هذا الفضاء؛ وهل يمكن أن نجد في خارجه سوى فضاء آخر؟ – وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية؛ وهذا يثبت أن الفضاء لا يمكن أن يكون منتهياً. وكذلك يقولون إنه إذا كان الفضاء يتمدّد ففي أي شيء يتمدّد إذا لم يكن في فضاء آخر؟ – وهذا دليل آخر على أن ما يتمدد لا يمكن أن يكون إلا جزءاً من الفضاء، وعلى ذلك فإن الفضاء كله لا يمكن أن يتمدّد.

والحقيقة أن نقاد القرن العشرين الذين يقولون هذا القول لا يزالون يفكرون بعقول علماء القون التاسع عشر؛ فهم يفترضون أوّلا أنه يجب أن يكون من المستطاع تمثيل الكون تمثيلاً مادياً؛ ولا شك أننا إذا سلمنا بمقدّماتهم، فلا بد في رأي أن نسلم بنتيجتها: وهي أن كلامنا لا معنى له – لأن منطقهم سليم. غير أن العلم الحديث لا يمكن أن يسلم بهذه النتيجة، بل يصر على أن الفضاء متناه، وليكن بعد ذلك ما يكون. ومعنى هذا أننا يجب أن ننكر المقدّمات التي يفترضها نقادنا عن غير علم، فالكون لا يبيح لنا أن نصوّره تصويراً مادياً، وسبب ذلك في رأيي أنه قد أصبح من المدركات الفكرية لا أكثر ولا أقل.

وفي رأيي أن هذا أيضاً هو شأن غيرها من المدركات العلمية

الأخرى، التي هي أكثر منها تعمقاً والتي تمثلها "قاعدة الأستبعاد" [1] التي تتطلب نوعاً من "التأثير عن بعد" في كل من الفضاء والزمن، والتي يخيل إلينا بمقتضاها أن كل جزء صغير من الكون يعرف بالضبط ما تعمله الأجزاء الأخرى البعيدة عنه، ويكيف عمله على هذا الأساس. وفي رأيي أن القوانين التي تسير عليها الطبيعة أقل شبهاً بالقوانين التي تسير عليها الآلة في حركتها منها بالقوانين التي يسير عليها الموسيقيّ عندما يضع قطعة موسيقية يستخدم فيها التسلل الصوتي[2]، أو الشاعر عندما ينظم مقطوعة غنائية. وإن حركات الكهارب لأقرب شبها بحركات جماعة ترقص رقصة الكوتيليون[3] منها بحركات أجزاء آلة بخارية. وما دام "الجوهر الحقيقي للأجسام" سيبقى غير معروف إلى الأبد، فلا يهم أن تكون القصة في مرقص حقيقي أو على ستار الصور المتحركة، أو في قصة من قصص بوكاتشو[4]. فإذا صح كل ذلك فإن خير صورة يصوّر بها الكون، وإن كانت لا تزال صورة ناقصة غير وافية بالغرض، هي أنه مكوّن من فكر خالص لمفكر لا نستطيع أن نصفه إلا بأنه مفكر رياضي لعجزنا عن أن نجد لفظاً أعم من هذا وأشمل.

(1) هي قاعدة في تظرية الكم الحديثة تقول بأستبعاد تساوي عددين كميين لكهربين مختلفين.

(٢) هو شكل من أشكال التأليف الموسيقي الغربي تتجاوب فيه الأجزاء المختلفة بمقطع متكرر.

(٣) الـ Cotillion رقصة سريعة يقوم بها ثمانية أشخاص في أشكال منتظمة.

(٤) Boccaccio.

وهكذا ندخل في صميم العلاقة بين العقل والمادة. إن الإضطرابات الذرية التي تحدث في الشمس البعيدة تجعلها تشع ضوءاً وحرارة، فيسقط بعض الإشعاع على أعيننا بعد أن "ينتقل في الأثير" مدة ثماني دقائق، فيسبب أضطراباً في شبكية العين ينتقل في العصب البصري إلى المخ، فيدركه العقل على هيئة إحساس، ثم يدفع هذا الإحساس عقولنا إلى العمل، فتنتج منه مثلاً أفكار شعرية عن غروب الشمس. فهناك سلسلة متصلة الحلقات (أ)، (ب)، (ت)، ......، (و)، (لا)، (ي) تصل التفكير الشعري (أ) بالإضطراب الذري في الشمس (ي) عن طريق العقل المفكر (ب) والمخ (ت) والعصب البصري (ث) وهكذا. أي أن التفكير (أ) ينتج عن الإضطراب البعيد (ي)، كما تحدث صلصلة الجرس من جذب طرف حبله البعيد. وفي وسعنا أن نفهم كيف يحدث جذب الحبل المادي صلصلة الجرس المادي، لأن هناك أتصالاً مادياً بينهما، ولكننا لا نستطيع بمثل هذه السهولة أن نعرف كيف يحدث إضطراب ذرات مادية أفكاراً شعرية، لأن الذرات المادة والأفكار الشعرية تختلفان في طبيعتهما أختلافاً كلياً.

ولهذا السبب يصر ديكارت على أنه لا يمكن أن يوجد أتصال ما بين العقل والمادة، ويعتقد أنهما جوهران متباينان كل التباين، لأن جوهر المادة هو أمتداد في الفضاء، وجوهر العقل هو الفكر. وقد

أدى به هذا إلى القول بوجود عالمين متباينين: عالم العقل وعالم المادة، وكأني بهما يسيران في طريقين متوازيين مستقل كل منهما عن الآخر ولا يلتقيان أبداً.

وقد أتفق باركلي [1] والفلاسفة المثاليون مع ديكارت على أنه إذا كان العقل والمادة مختلفين أختلافاً أساسياً في طبيعتهما فإنهما لا يمكن أن يتفاعلا أبداً. ولكنهم في ذلك يؤكدون أنهما في تفاعل مستمر، ولذلك يقولون إن طبيعة المادة لا بد أن تكون من طبيعة العقل ذاته، وعلى ذلك يجب أن يكون جوهر المادة – في لغة ديكارت – هو الفكر لا الأمتداد. وكانت حجتهم في ذلك، إذا بسطناها مفصلة، أن الأسباب ونتائجها يجب أن تكون في جوهرها من طبيعة واحدة، فإذا كانت (ب) في السلسلة السابقة تحدث (أ) وجب أن تكون (ب) من جوهر طبيعة (أ) وأن تكون (ت) من جوهر طبيعة (ب)، وهكذا دواليك. وعلى ذلك يجب أن تكون (ي) أيضاً من جوهر طبيعى (أ)، وليس من حلقات السلسلة ما لنا به معرفة "مباشرة" سوى حلقتي أفكارنا ومشاعرنا (أ)، (ب) أما الحلقات البعيدة (و، لا، ي) فلا نعرف شيئاً عن وجودها وطبيعتها إلا بطريق الأستنتاج – أي بالآثار التي تنقلها هذه الحلقات إلى عقولنا عن طريق حواسنا. وإذ يقول باركلي إن الحلقات البعيدة المجهولة (و)،

---

(1) Berkely

(لا)، (ي) لا بد أن تكون من طبيعة الحلقات القريبة المعروفة (أ)، (ب) فإنه يستدل بقوله هذا على أنها يجب أن تكون من طبيعة الأفكار، "إذ لا شيء في الحقيقة يشبه الفكرة غير الفكرة"، على أن الفكرة لا يمكن أن توجد من غير عقل تقوم به، فقد نقول إن شيئاً موجوداً في عقولنا حين نعيه، ولكن هذا لا يعلل وجوده في الوقت الذي لا نعيه فيه. فالكوكب فلوطون [1] مثلاً كان موجوداً قبل أن يجري في ظن الإنسان بزمن طويل وكان هذا الكوكب يسجل وجوده على ألواح فتوغرافية قبل أن تراه عيون الناس بأمد بعيد. وقد حملت مثل هذه الأعتبارات باركلي على أن يقول بوجود "كائن أبدي" توجد في عقله جميع الأشياء، ثم يلخص فلسفته في أسلوب رائع رنان من أساليب العهود السابقة فيقول:

"إن كل ما في السموات من جمال منسق، وكل ما في الأرض من عتاد، وجملة القول إن كل ما يبني منه هيكل العالم العظيم من أجسام، ليس له وجود مادي في خارج العقل،.... وما دمت أنا لا أرى هذه الأشياء بالفعل، أو أنها لا وجود لها في عقلي، أو في عقل روح من الأرواح المخلوقة الأخرى، فإنها إما ألا يكون لها وجود على الإطلاق، وإما أن تكون مائلة في عقل روح أبدي".

ويلوح لي أن العلم الحديث يصل عن طريق مباين كل المباينة

---

(1) Pluto

للطريقة السابقة إلى نتيجة لا تختلف عن هذه النتيجة في شيء كثير.
ويلوح أن علم الأحياء حين يدرس العلاقة بين الحلقات الأولى (أ)، (ب)، (ت)، (ث) من السلسلة السابقة، يقترب نم النتيجة القائلة بأن هذه الحلقات كلها من طبيعة عامة واحدة. وقد تصاغ هذه النتيجة أحياناً في هذه الصيغة الخاصة وهي: بما أن علماء الأحياء يعتقدون أن (ت)، (ث) حلقتان آليتان وماديتان، فلا بد أن تكون الحلقتان (أ)، (ب) آليتين وماديتين أيضاً. ولكن يلوح أن من المستطاع أن نقول بأنه ما دامت (أ)، (ب) حلقتين عقيلتين فيجب أن تكون (ت)، (ث) حلقتين عقليتين أيضاً، ويكون لهذا القول ما لسابقه من قوة الحجة. وعلم الطبيعة الذي لا يعني كثيراً بالحلقتين (ت)، (ث) ينتقل مباشرة إلى طرف السلسلة البعيد، ويعكف على دراسة ما تقوم به كل من: (و)، (لا)، (ي) ويخيل إليّ أن نتائج هذا العلم تشير إلى أن الحلقات الأخيرة من السلسلة، سواء من جهة الكون بصفة عامة أو من جهة التركيب الداخلي للذرو، من طبيعة الحلقتين (أ)، (ب) أي من طبيعة الفكر البحت. وهذا يؤدي بنا إلى نتائج باركلي نفسها، ولكننا نصل إليها من ثاني طرفي السلسلة، أي أننا نصل أولاً إلى القول الأخير من أقوال باركلي الثلاثة، ويبدو القولان الآخران عديمي الأهمية إذا قيسا به، وسواء كانت الأجسام "موجودة في عقلي أو في عقل أي روح من الأرواح المخلوقة الأخرى" أم لم تكن" فإن شيئيتها تنتج من وجودها "في عقل روح

أبدي".

وقد يظن من هذا أننا نوحي بنبذ المذهب الواقعي نبذاً كاملاً، ووضع المذهب المثالي البحت في موضعه؛ غير أني أتعقد أن هذا عرض للموقف غير دقيق، فإذا صح أن "جوهر الأجسام الحقيقي" مما تقصر دونه معارفنا، لصار الحد الفاصل بين المذهب الواقعي والمذهب المثالي غامضاً كل الغموض، ولأصبح هذا الحد أثراً من آثار الماضي، الذي كان الناس يعتقدون فيه أن الحقيقة هي عين الآلية. فالحقائق الشيئية موجودة لأن أشياء معينة تؤثر بطريقة واحدة في وعيك ووعيي، ولكنا نفترض شيئاً لا يحق لنا أفتراضه إذا سمينا هذه الأشياء "حقيقة" أو "مثالية". وأعتقد أن "رياضية" هي الأسم الصحيح إذا أمكن أن نتفق على أن هذه التسمية تشمل الفكر البحت كله، وليست مقصورة على دراسات العلماء الرياضيين الإخصائيين. وهذه التسمية لا تتضمن شيئاً عن الجوهر النهائي الذي تتكون منه الأشياء بل تتضمن فقط شيئاً عن سلوكها.

ولا حاجة إلى القول بأن هذه التسمية التي أخترناها لا تحيل المادة إلي ضرب من ذروب الأوهام والأحلام، بل إن الكون المادي يبقى مجسماً كما كان على الدوام. وأعتقادي أن هذا الحكم لا بد أن يظل صحيحاً، مهما أعترى الآراء العلمية أو الفلسفية من تغير. ذلك أن التجسم من المدركات الذهنية البحتة التي يقاس بها مقدار

الأثر المباشر الذي تحدثه الأشياء في حاسة اللمس عندنا، فنقول إن الحجر أو السيارة جسم، وإن الصدى أو قوس قزح غير جسم. هذا هو التعرييف المألوف لكلمة "التجسم" وإن من السخيف والتناقض في التعبير أن نقول إن الأحجار والسيارات يمكن بطريقة ما، أن تصبح غير مجسمة أو حتى أقل تجسماً مما كانت، لأننا الآن نقرنها بقوانين وأفكار رياضية، أو ألتواءات في فضاء خال، بدل أن نفرنها بطوائف من الجسيمات الجامدة. ويروى عن الدكتور جنسن [1] أنه عبر عن رأيه في فلسفة باركلي بأن قال: "كلا يا سيدي، وإني. أثبت خطأها هكذا" وركل برجله حجراً. وليس لهذه التجربة الصغيرة التي أجراها الدكتور جنسن بطبيعة الحال أقل علاقة بالمشكلة الفلسفية التي تدعي حلها، وكل ما فعلته أنها برهنت على تجسم المادة. ومهما يكن من تقدم العلم فإن الأحجار لا بد أن تبقى أشياء مجسمة، لا لسبب سوى أنها هي وكل شيء من نوعها الأصل الذي نرجع إليه في تعريف خاصة التجسم.

---

(1) Dr. Samuel Johnson (١٧٠٩ – ١٧٨٤) عالم لغوي. وضع قاموساً في اللغة الإنجليزية وقضى في تأليفه سبع سنوات، وهو شخصية بارزة من شخصيات القرن الثامن عشر في إنجلترا. ويروي عنه الإنجليز كثيراً من كلامه.

وقد قيل إنه كان في وسع هذا العالم اللغوي أن يخطيء فلسفة باركلي لو أنه لم يركل برجله حجراً بل ركل قبعة وضع فيها غلام لبنة خلسة، فقد قيل إن "عنصر المفاجأة في ذاته دليل كاف على الحقيقة الخارجية" وإن ثة "دليلاً ثانياً هو الأستدامة مع حدوث التغير – أستدامة في الذاكرة وتغير في العالم الخارجي". ولكن هذا بالطبع ليس إلا مجرد رد على خطأ الذين يذهبون في نظرية وجود النفس وحدها إلى أبعد حدودها، حين يقول قائلهم: "كل هذا من خلق عقلي أنا، وليس له وجود في أي عقل غير عقلي". ولكن يصعب أن يعمل الإنسان عملاً في الحياة لا يبرهن على خطأ هذا القول، وإن الأحتجاج بالمفاجأة وبالمعارف الجديدة بوجه عام لأضعف من أن يناهض فكرة وجود العقل الكلي، الذي يكوّن عقلي وعقلك – العقل المدهش والعقل المندهش – وحدات أو بثرات منه، ولا تستطيع أية خلية من خلايا المخ بمفردها أن تحيط علماً بكل الأفكار التي تمر بالمخ بأجمعه.

غير أن عدم وجود أقيسة خارجية مطلقة في حوزتنا نقيس بها التجسم لا يمنعنا من أن نحكم بأن شيئين على درجة واحدة أو على درجتين مختلفتين في تجسمهما. فإذا صدمت بقدمي حجراً في أثناء حلم من أحلامي، فأكبر الظن أني أصحو وبقدمي آلام، وأجد أن الحجر الذي رأيته في أحلامي هو من خلق عقلي أنا لا من خلق

عقل أحد سواي، قد أوجده دافع عصبي نشأ في قدمي. وقد يكون هذا الحجر مثالاً لطائفة الأوهام أو الأحلام، وهو من غير شك أقل تجسماً من الحجر الذي ركله جنسن. وقد يكون من المعقول أن توصف مخلوقات العقل الفردي بأنها أقل تجسماً من مخلوقات عقل كلي. وكذلك قد يكون من المستطاع أن نفرق بين الفضاء الذي نراه في أحلامنا والفضاء الذي نراه في حياتنا اليومية؛ ذلك أن الفضاء الثاني الذي لا يختلف بالنسبة لنا جميعاً هو فضاء العقل الكلي. وكذلك شأن الزمن، فإن زمن اليقظة الذي يمر بسرعة واحدة منتظمة بالنسبة لنا جميعاً هو زمن العقل الكلي. وفي وسعنا أيضاً أن ننظر إلى القوانين التي تنقاد لها الظواهر في ساعات يقظتنا، أي قوانين الطبيعة، على أنها قوانين من تفكير العقل الكلي، وإن في وحدة الطبيعة ما يشهد بمنطقية هذا العقل الكلي.

وإن إدراك الكون على أنه عالم من الفكر الخالص ليلقي ضوءاً جديداً على كثير من المسائل التي أعترضتنا في بحثنا في علم الطبيعة الحديث، وفي وسعنا الآن أن ندرك كيف يمكن رد الأثير الذي تحدث فيه كل حوادث الكون إلى تجريد رياضي، فيصير مجرداً ورياضياً، كما تكون خطوط العرض وخطوط الطول مجردات رياضية. كذلك نستطيع أن ندرك السبب في أننا يجب أن ننظر إلى الطاقة، وهي الجوهر الأساسي في الكون، على أنها تجريد رياضي–

هو ثابت تكامل معادلة تفاضلية.

وطبيعي أن هذا الإدراك نفسه يتضمن أن الحقيقة النهائية لأية ظاهرة يعبر عنها وصفها الرياضي. فإذا لم يكن في هذا الوصف ما ينتقص منه كانت معلوماتنا عن الظاهرة كاملة، فإذا ما تعدينا القانون الرياضي عرضنا أنفسنا للخطر؛ وقد نجد نموذجاً أو صورة تساعدنا على فهم الظاهرة، ولكن ليس من حقنا أن نتوقع ذلك، وإذا عجزنا عن أن نجد مثل هذا النموذج أو هذه الصورة، فإن هذا العجز لا يدل حتماً على أن تفكيرنا غير سليم أو أن معلوماتنا خاطئة، وأن أصطناع النماذج أو الرسوم التي توضح القوانين الرياضية والظواهر التي تصفها لا يخطو بنا نحو الحقيقة بل يبعدنا عنها، فهو أشبه بإصطناع تماثيل منحوتة لروح من الأرواح؛ وليس من المعقول أن نتوقع أتفاق هذه النماذج المختلفة بعضها مع بعض، كما أنه ليس من المعقول أن نتوقع تشابه كل التماثيل التي تمثل هرمس [1] في جميع نواحي نشاطه المختلفة: كرسول، وبشير، وموشيقيّ، ولص، وما إلى ذلك؛ فمن قال إن هرمس هو الهواء كانت كل خلاله عنده منطوية في وصفه الرياضي الذي تمثله معادلة حركة الموائع القابلة للضغط لا أكثر ولا أقل. وفي وسع العالم الرياضي أن يستنبط من هذه المعادلة دلالاتها المختلفة التي تمثل حمل الرسائل وإذاعتها

---

(1) Hermes

وإحداث الأنغام الموسيقية وتشتيت أوراقنا ونحو ذلك؛ وليس هو في حاجة إلى تماثيل هرمس لتذكره بكل هذا. على أنه إذا أعتمد على التمائيل فليس يكفيه إلا صف منها مختلفة الأشكال، ومع هذا لا يزال بعض علماء الطبيعة الرياضيين يجدّون في العمل لإصطناع تماثيل منحوتة لمدركات الميكانيكا الموجية.

وجملة القول أن القانون الرياضي لا يبين لنا ماهية الشيء، وإنما يبين لنا مسلكه، وهو لا يستطيع أن يعين شيئاً إلا عن طريق خواصه، ولا يحتمل أن تتفق هذه الخواص في جميع الوجوه مع خواص جسم منفرد كبير المقياس، من الأجسام التي نلاقيها في حياتنا اليومية.

وهذه النظرة تريحنا من كثير من الصعاب والمتناقضات الظاهرية التي نلاقيها في علم الطبيعة في وقتنا الحاضر، فلسنا بحاجة بعد الآن إلى أن نبحث هل الضوء يتكوّن من جسيمات أو من أمواج، لأننا نعرف كل ما يمكن معرفته عنه إذا وجدنا قانوناً رياضياً يصف سلوكه وصفاً صحيحاً، ونستطيع أن نتصوره جسيمات أو أمواجاً حسب مزاج عقولنا ومقتضيات ظروف الساعة؛ فعندما تنظر إليه على أنه موجات نستطيع إذا شئنا أن نتخيل أثيراً ينقل الموجات، ولكن هذا الأثير يتغير من يوم لآخر، ولقد رأينا أنه يتغير كلما تغيرت سرعة حركتنا؛ وكذلك لسنا بحاجة إلى أن نبحث هل النظام الموجي لطائفة من الكهارب يوجد في فضاء ثلاثي الأبعاد أو في فضاء متعدد

الأبعاد أو لا يوجد على الإطلاق؛ ذلك أنه موجود في شكل قانون رياضي، وهذا دون سواه يعبر عن الحقيقة النهائية، ويمكن أن نتصوره على أنه يمثل الموجات في أبعاد ثلاثة أو ستة أو أكثر كلما شئنا. كما نستطيع أن نفسر هذا النظام على أنه لا يمثل موجات على الإطلاق، وفي هذه الحال نكون قد أتبعنا رأي هايزنبرج وديراك. على أنه من أسهل الأشياء بوجه عام أن نفسره على أنه يمثل موجات في فضاء، لكل كهرب فيه مجال ذو ثلاثة أبعاد، كما أنه من أسهل الأشياء أيضاً أن نفسر الكون ذا المقياس الكبير على أنه نظام لأجرام في ثلاثة أبعاد فقط، وأن نفسر ظواهر هذا الكون على أنها نظام لحوادث في أبعاد أربعة، على أو واحداً من هذه التفسيرات لا يمتاز بصلاحية مطلقة ينفرد بها دون غيره.

وعلى أساس هذه النظرة، لا نجد بالضرورة أية غرابة في طبيعة أتصال وعينا المستمر بفقاعة الصابون الفارغة، التي نسميها الفضاء والزمن (أنظر ص ١٣٢)، لأن ذلك يصبح مجرد أتصال بين العقل وبين شيء من خلق العقل – كقراءة كتاب أو الإصغاء إلى موسيقى. وقد لا يكون من الضروري أن نضيف، أستناداً إلى هذه النظرة للأمور، أن أتساع الكون وخلاءه الظاهريين وحجمنا التافه فيه يجب ألا تدهشنا أو تقلق بالنا، فنحن لا تزعجنا حجوم الأشياء التي تخلقها عقولنا ولا الأشياء التي يتخيلها غيرنا ويصفها لنا. ففي قصة

دي موريي [١] نرى بطرس أبتسون [٢] ودوقة تورز [٣] لا ينفكان يبنيان في الأحلام قصوراً واسعة وحدائق مطردة الأتساع، ولكنهما لم يشعروا برعب من كبر مخلوقاتهما العقلية؛ بل لأننا لا نكون إذن من أهل بلد حقير. وكذلك لا تكون بنا حاجة إلى أن نشغل بالنا بتناهي الفضاء، لأننا لا نشعر برغبة في أستطلاع ما وراء الجدران الأربعة التي تحصر ما نراه في الأحلام.

والحال كذلك في الزمن الذي يجب أن ننظر إليه على أنه ذو أمتداد منته، شأنه في ذلك شأن الفضاء؛ فإذا نحن تتبعنا مجرى الزمن إلى الوراء، فإننا نجد ما يدل على أننا، بعد سياحة طويلة كافية، لا بد واصلون إلى بدايته أي إلى وقت لم يكن قبله الكون الحاضر موجوداً؛ ذلك أن الطبيعة تمتعض من الآلات ذات الحركة المستديمة، ولذلك نرجح أعماداً على المباديء الأولية أن كونها لا يحتمل أن يكون مثالاً مكبراً للنظام الذي تكرهه هي؛ ويؤيد هذا الرأي دراسة الطبيعة دراسة تفصيلية. ويفسر علم الديناميكا الحرارية كيف أن كل شيء في الطبيعة يصل إلى حالته النهائية بعملية يطلق

---

(١) Du. Maurier

(٢) Peter Ibbetson

(٣) Duchess of Towers

عليها "زيادة درجة التعادل [1]؛ فدرجة التعادل إذن يجب أن تزيد على الدوام، وهي لا تقف عن الزيادة إلا إذا وصلت إلى حد لا يمكن أن تتعداه، فإذا وصل الكون إلى هذه المرحلة وأصبحت كل زيادة أخرى في درجة التعادل مستحيلة فني الكون. وإذا لم يكن هذا الفرع من العلم كله خطأ فإن الطبيعة لا تسمح إلا بإحدى حالتين هما: النماء أو الموت وهي لا تجيز إلا سكوناً واحداً هو سكون القبر.

ومن العلماء من لا يوافقون على هذا الرأي الأخير، وإن لم يكونوا في أعتقادي كثيرين، فهم وإن لم يجادلوا في أن النجوم الحاضرة تفني عن طريق الإشعاع، يقولون إن هذا الإشعاع يعود فيتجمد إلى مادة في مكان ما من أعماق الفضاء السحيق. ويرون أنه قد تكون سماء جديدة وأرض جديدة في طريق التكوين، لا من رماد السماء والأرض القديمتين، بل من الإشعاع المنطلق من أحتراقهما. هذه هي الطريقة التي يدعون بها إلى ما يمكن أن يسمى فكرة الكون الدوري الذي يفنى في مكان ما، وتعمل رفاته على خلق حياة جديدة في أماكن أخرى.

وهذه الصورة الفكرية – صورة الكون الدوري – تتعارض تعارضاً

---

(١) Entropy= درجة التعادل وهي خارج قسمة مقدار الحرارة على درجة الحرارة المطلقة وهي تتزايد في الطبيعة تزايداً مستمراً.

تاماً مع ما يجزم به القانون الثاني من قوانين الديناميكا الحرارية الذي يقول إن درجة التعادل يجب أن تزداد زيادة مستمرة، وإن الأكوان الدورية مستحيل وجودها كأستحالة وجود الآلات ذات الحركة الدائمة ولنفس السبب تقريباً. ولا شك في أن من الجائز أن توجد حالات فلكية ليس لنا علم بها تثبت خطأ هذا القانون، وإن كنت أظن أن معظم العلماء المحققين يعدّون هذا الرأي بعيد الأحتمال إلى حد كبير. وليس من ينكر بطبيعة الحال أن فكرة وجود الكون الدوري هي أكثر الفكرتين قبولاً، ذلك أن الكثرة من الناس لا تستسيغ فكرة أنحلال الكون إنحلالاً نهائياً، كما لا يستسيغون فكرة أنحلال ذاتيتهم. وليست محاولات الإنسان أن يتصوّر وجود كون خالد لا يفنى، إلا صورة مكبرة من محاولاته تخليد ذاتيته وإن كان ما في الأولى من السفسطة أكثر مما في الثانية.

أما أصح الآراء العلمية فهو أن درجة التعادل في الكون يجب أن تزداد على الدوام حتى تصل إلى قيمتها النهائية العظمى، وهي لم تصل إلى هذه القيمة بعد، ولو أنها قد وصلت إليها لما كنا الآن نفكر فيها، فهي إذن فقد كانت لها بالضرورة بداية وأنه حدث ما يمكن أن يسمى "خلقاً" في وقت ليس ببعيد بعداً لا نهائياً.

وإذا صح أن الكون كون من الأفكار، فلا بد أن يكون خلقه من عمل الفكر، وتكاد نهائية الزمن والفضاء نفسها تضطرنا إلى أن ننظر

إلى عملية الخلق على أنها عمل من أعمال الفكر؛ وإن تحديد الثوابت مثل نصف قطر الكون وعدد الكهارب التي يحتويها الكون ليستلزم وجود الفكر الذي تقاس خصوبته بضخامة هذه الكميات. فالزمن والفضاء اللذان هما إطار الفكر قد كان وجودهما من غير شك جزءاً من هذه العملية. وقد كانت علوم الهيئة البدائية تتخيل خالقاً يعمل في الفضاء والزمن، فيصوغ الشمس والقمر والنجوم من مادة غفل موجودة من قبل، أما النظرية العلمية الحديثة فإنها تضطرنا إلى أن ننظر إلى الخالق على أنه يعمل خارج الزمن والفضاء، اللذان هما جزء من خلقه، كما يعمل المصوّر خارج لوحته. وهذا يطابق قول أوغسطين [1]: "لم يخلق الله الكون في زمن بل خلقه مع الزمن". والحق أن هذا الرأي قديم يرجع إلى زمن أفلاطون الذي يقول: "خلق الزمن هو والسماوات في وقت واحد، وذلك لكي يفنيا معاً إذا أريد فناؤهما. هكذا كان عقل الله وفكره في خلق الزمن" ومع ذلك فما أقل ما نعرف عن الزمن، حتى لقد تضطرنا هذه القلة إلى أن نشبه الزمن كله بعملية الخلق، أي تحويل الفكر إلى مادة.

وقد يعترض بأن حججنا كلها تستند إلى أفتراض أن التفسير الرياضي الحاضر للعالم الطبيعي تفسير فذ إلى حد مّا، وأنه سوف يكون التفسير النهائي الصحيح. وقد يقال إنّ وصف الحقيقة في

---

(١) Augustine

تشبيهنا السالف الذكر بأنها لعبة الشطرنج لا يعدو أن يكون وصفاً خالياً، جيء به لسهولته، وإن حركات اللال قد توصف وصفاً خيالياً آخر ليس أقل شأناً من الوصف السابق. والجواب أننا لا نعرف خيالاً آخر يصف هذه الأمور بمثل هذا الكمال، وهذه السهولة والكفاية، فالرجل الذي لا يلعب الشطرنج يقول: "إن قطعة من الخشب الأبيض، شبيهة بعض الشبه برأس حصان، مركبة على قائم، قد أخذت من المربع الأسفل الذي يلي المجاور للمربع الواقع في الزاوية اليمنى من رقعة الشطرنج، ثم حركت إلى...." إلخ. أما لاعب الشطرنج فيقول: "أبيض: ح إلى **٣** ف م"[١] . وتعبيره هذا لا يوضح الحركة توضيحاً تاماً مختصراً فحسب بل أنه فوق ذلك يربط هذه الحركة بنظام آخر أكبر وأعم. وكذلك شأن العلم، فما دامت معارفنا ناقصة فإن أسهل الشروح يكون فيه من الإقناع بقدر ما فيه من السهولة، وهو يمتاز فضلاً عن السهولة بأنه أكثر الشروح أحتمالاً بأن يكون هو الشرح الصحيح. ومع أنه يجب أن نسلم تسليماً تاماً بأن التفسير الرياضي قد يتضح أنه ليس نهائياً وأنه ليس أسهل تفسير مستطاع، فإننا لا نتردد في القول بأنه أبسط وأتم تفسير عرف حتى الآن، وعلى ذلك فإن له، بالنسبة لمعرفتنا الحاضرة، أكبر فرصة لأن يكون أقرب التفاسير إلى الحقيقة.

---

(١) يحرك صاحب القطع البيضاء فرسه إلى المربع الثالث لفيل الملك.

وقد لا يوافق بعض القراء على هذا بحجة أن التفسير الرياضي للطبيعة في الوقت الحاضر قد لا يكون إلا خطوة وسطاً إلى تفسير آلي جديد، ذلك أن عقولنا الحديثة فيما أراه تنزع بطبيعتها إلى التفسيرات الآلية. وقد يعزي بعض السبب في هذا إلى دراستنا العلمية الأولى، ويعزى بعضه إلى ما نراه في كل يوم من سلوك الأجسام مسلكاً آلياً يبدو معه أن التفسير الآلي هو التفسير الطبيعي الذي يسهل فهمه؛ ولكننا إذا بحثنا المسألة بحثاً موضوعياً تاماً خيل إلينا أن أهم ما يبدو لنا في هذا البحث هو أن النظام الآلي قد لاقى حتفه، وفشل فشلاً ذريعاً في الناحيتين العلمية والفلسفية على السواء. وإذا قدّر أن يحل محل الرياضة شيء آخر فإن الميكانيكا هي من أبعد الأشياء عن ذلك أحتمالا.

وما أكثر أن يغيب عنا أننا لا نستطيع إلا أن نبحث هذه المسائل في صيغ الأحتمالات، وما أكثر ما يعير رجل العلم بأنه يبدل آراءه على الدوام، وفي هذا يشعر بأنه ليس من الضروري أن يؤخذ بقوله جدياّ؛ على انه لا لوم في الحقيقة على العالم الذي يرتاد نهر المعرفة، إذا أنحرف أحياناً إلى مجرى جانبي فرعي، ولم يستمر سائراً في المجرى الأصيل، ذلك بأن المرتاد لا يستطيع أن يتأكد من طبيعة المجرى الجانبي إلا بعد أن يسير فيه. وأخطر ما في الأمر وأبعده عن سيطرة المرتاد أن نهر المعرفة ملتو، يجري آناً نحو الشرق، وآناً نحو الغرب؛ وقد يقول المرتاج في وقت ما: "إني أسير

مع التيار، وبما أني أتجه نحو الغرب، فأكبر الظن أن بحر المعرفة – أي الحقيقة– كائن في الجهة الغربية"؛ فإذا ما تحوّل أتجاه النهر بعد ذلك نحو الشرق قال: "كأنى بالحقيقة الآن واقعة في الجهة الشرقية". وأكبر الظن أن ليس من العلماء الذين عاشوا في الثلاثين عاماً الأخيرة من يستطيع أن يبت برأي قاطح في أتجاه نهر المعرفة المستقبل، أو في مكان الحقيقة أين يكون؛ ذلك أن تجاربه الخاصة تدله على أن النهر لا يتسع مجراه على الدوام فحسب، بل تدل أيضاً على أنه دائم الألتواء، ولذلك ينصرف العالم بعد أن يلاقى ضروباً من الخيبة متعددة عند كل ألتواء عن الظن بأنه قد أنتهي إلى "بحر الحقيقةاللانهائي وأحس معالمه".

ويلوح أننا علي حق إذا قلنا، مع هذا الأحتراس السابق، إن نهر المعرفة قد أنحرف أنحرافاً شديداً في السنوات القليلة الماضية. فقد كنا نظن أو نفترض منذ ثلاثين عاماً أننا سائرون صوب حقيقة نهائية من النوع الآلي، وأن هذه الحقيقة تتكوّن من خليط عارض مهوّش من الذرات، قدّر عليه أن يقوم زمناً مّا برقصات خالية من المعنى، طوعاً لتأثير قوى عمياء ليس لها غرض معين، ثم يرتد ليكون منه عالم ميت لا حياة فيه، وفي هذا العالم الآلي المحض ظهرت الحياة مصادفة بتأثير هذه القوى العمياء نفسها، وأتفق أن ناحية ضئيلة واحدة على الأقل من نواحي هذا الكون الذري – وقد تكون عدة نواح منه — قد أصبحت راعية برهة من

الزمن، ولكنها مقدر عليها آخر الأمر بتأثير القوى الآلية العمياء، أن تتجمد عن آخرها ثم تترك هذا العالم مرة أخرى لا حياة فيه.

أما الآن فإن الآراء متفقة، إلى حدّ كبير يكاد في الجانب الطبيعي من العلم يقرب من الإجماع، على أن نهر المعرفة يتجه نحو حقيقة غير آلية، وقد بدأ الكون يلوح أكثر شبهاً بفكر عظم منه بآلة عظيمة، ولم يعد العقل بعدُ دخيلاً ألقت به المصادفة في عالم المادة، بل بدأ يجول في خاطرنا أن من واجبنا أن نحييه ونعده خالق العالم المادي والمسيطر عليه– ولسنا نقصد بهذا العقل، بطبيعة الحال، عقولنا الفردية؛ بل نعني ذلك العقل الكلي الذي توجد فيه على شكل فِكَر تلك الذرات التي نشأت منها عقولنا.

وتلك المعرفة الجديدة تضطرنا إلى أن نعدل رأينا السابق الفطير، وهو أننا قد ألقى بنا مصادفة في كون لا يعني بالحياة أو أنه عدوّ لها بالفعل. ويلوح أن من المحتمل أن يختفي من الوجود مذهب ثنائية العقل والمادة القديم، الذي كان من أكبر أسباب هذه العداوة، ولن يكون سبب أختفائه أن المادة ستصبح بطريقة مّا أقرب إلى الوهم إلى اللامادية منها في أي وقت آخر، ولا أن العقل نفسه سيستحيل إلى وظيفة من وظائف ناموس المادة، بل سيكون سببه أن المادة المجسمة ستستحيل إلى شيء من خلق العقل ومظهر من مظاهره. ونحن واجدون أن في الكون دلائل على وجود قوة مدبرة أو

مسيطرة، يوجد بينها وبين عقولنا الفردية شيء مشترك، ومبلغ علمنا الآن أن هذا الشيء المشترك ليس هو العاطفة أو الأخلاق أو تقدير الجمال، ولكنه الرغبة في أن نفكر بطريقة خير ما نصفها به أنها رياضية، لأننا لا نجد الآن أصلح من هذا التعبير. وفي الكون أشياء كثيرة قد تكون مناهضة لما يتصل بالحياة من أعراض مادية، ولكن فيه أيضاً أشياء كثيرة ذات صلة قريبة بنواحي النشاط الأساسية للحياة، فلسنا إذن غرباء أو دخلاء في الكون بالقدر الذي كنا نظنه أوّل الأمر. ولقد كانت تلك الذرات الخاملة التي تحتويها الطينة اللينة الأولى التي بدأت تظهر فيها صفات الحياة – كانت تلك الذرات تعمل على أن يزيد أنسجامها مع طبيعة الكون الأساسية لا أن يقلّ.

ذلك على الأقل ما نميل إلى أفتراضه الآن، ولكن أحداً لا يدري كم مرة يلتوي نهر المعرفة. وجدير بنا، وتلك الخواطر دائماً نصب أعيننا، أن نختتم هذا البحث بأن نقول في صراحة تامة ما كان يصح أن يقرأ في ثنايا سطور كل فقرة من فقرات هذا الكتاب، وهو أن كل ما قلناه فيه، وكل حكم حاولنا أن نصدره، ظنّي غير أكيد. وكل ما فعلناه أننا حاولنا أن نبحث هل لدى العلم اليوم ما يقوله في بعض المسائل الصعبة، التي قد تبقى دائماً بعيدة عن متناول العقل البشري. ومهما أكبرنا من شأن ما وصلنا إليه، فإننا لا نستطيع أن

ندّعي أننا قد تبينا أكثر من بريق ضئيل؛ وقد لا يكون هذا البريق كله إلا وهماً وخداعاً، لأننا لم نستطع أن نلمح منه شيئاً إلا بعد أن أجهدنا عيوننا في التطلع إليه، وبذلك لا يكون أهم ما نريد أن نقرره هو أن لدى علم اليوم أحكاماً يصدرها، بل يجب أن يكون ما نقرره أن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام – ذلك أن نهر المعرفة كثيراً ما ألتوى على نفسه.



قائمة المصطلحات العلمية

(عربي - إنجليزي)

(أ)

عربي	English
أثير	Ether
أحياء أولية	Simple organisms
أخطبوط	Octopus
أداة آلية	Mechanical device
الأزوت	Nitrogen
إشعاع	Radiation
إشعاع سيني	x-radiation
أشعاع كامن	Potential radiation
أشعاع كوني	Cosmic radiation
أشعاع ما دون الأحمر	Infra-red radiation
أشعاع ما فوق البنفسجي	Ultra-violet radiation
أشعة جاما	Gamma rays
أصل لقياس السكون المطلق	Standard of absolute rest
	Standard of reference
أقطاب مغنطيسية	Magnetic poles
آلة- جهاز- عدة	Mechanism
الكترون- كهرب	Electron
أمتصاص	Absorption
إنبعاث	Emission
أنتشار	Propagation
أنتظام	Uniformity
إنحناء- تقوس	Curvature
إنعكاس	Reflection
الأنفصال- عدم الأتصال	Discontinuity
إنكسار- أنعطاف	Refraction
أنهار الجليد الجبلية	Mountain glaciers
اهتزاز- تذبذب- ذبذبة	Vibration
أوكسجين	Oxygen
أيدروجين	Hydrogen

أصل للقياس ينسب إليه

(ب)

Optics — البصريات- علم الضوء

Proton — بروتون

(ت)

Perfectly elastic — تام المرونة

Action at a distance — التأثير عن بعد

Transformation — تحويل - تحول

Interference — التداخل

Vibration — تذبذب- ذبذبة- أهتزاز

Spontaneous disintegration — تفكك تلقائي

Curvature — تقوس - إنحناء

Reproduction — تكاثر

Cohesion — تماسك

Repulsion — تنافر

Tension — توتر

(ث)

Constant of integration in a differential equation — ثابت التكامل في معادلة تفاضلية

Duality — ثنائية

Reality — حقيقية

Objective reality — حقيقة

Hydraulics — الأيدروليكا أو دراسة السوائل المتحركة

(ج)

Gravitation — الجاذبية

Icebergs — جبال الجليد

Determinism — الجبرية

Molecules — جزيئات

Particle — جسيم

Alfa-particle — جسيم ألفا

Ice — جليد

Mechanism — جهاز - عدة- آلة

(ح)

State of strain — حالة أنفعال

Luminiferous — حامل الضوء

Meteorite — حجز نيزكي

Tides — حركات المد والجزر

Absolute motion — الحركة المطلقة

Circular motion — حركة دائرية

Wave motion — حركة موجية

Beam of light — حزمة ضوئية

(ذ)

Vibration — ذبذبة-

موضوعية

حقيقي	Real
حلقات الحيود	Diffractive rings
حلقات متحدة المركز	Concentric rings

(خ)

خروج- نفاذ	Emergence
الخط الرأسي	Vertical-line
خط الوجود	World-line
خلية	Cell
خطوط طيفية	Spectral lincs
خطوط القوة	Lines of force
خيط- سلك دقيق	Filament

(د)

دراسة السوائل المتحركة أو الأيدروليكا	Hydraulics
درجة التعادل	Entropy
درامة	Cyclone
الديناميكا الحرارية	Thermo-dynamics

(س)

أهتزاز- تذبذب

ذرات روحية	Monads
ذرة	Atom
ذو الأثنى عشر وجها	Dodecahedron
ذو الثمانية الأوجه	Octahedron
ذو العشرين وجها	Icosahedron

(ر)

الراديوم	Radium
رد فعل	Reaction
رعشات- هزات- قفزات	Jerks
الرياضة التطبيقية	Applied mathematics

(ز)

زاوية الإنعكاس	Angle of reflection
زاوية السقوط	Angle of incidence
الزيغ الضوئي	Aberration of light
الزيتون	Xenon

(ط)

طاقة	Energy

Spiral nebulae سدم لولبية

Nebula سديم

Absolute speed سرعة مطلقة

Steady speed سرعة منتظمة

Absolute rest سكون مطلق

Filament سلك دقيق- خيط

(ش)

Meteor شهاب- نيزك

Shooting star شهاب- نجم هاو- نيزك

(ص)

Absolute zero الصفر

Frost صقيع

Sound صوت

(ض)

Pressure ضغط

Acceleration عجلة

Discontinuity عدم الأتصال- الأنفصال

Conservation of energy

Mechanical energy طاقة آلية

Total energy طاقة كلية

Pitch of sound طبقة الصوت

Nature الطبيعة- الفطرة

Mathematical physics الطبيعيات الرياضية

Wave-length الطول الموجي

Spectrum طيف

(ظ)

Phenomenon ظاهرة

Small-scale phenomena ظواهر صغيرة المقياس

Large-scale phenomena ظواهر كبيرة المقياس

Electromagnetic phenomena ظواهر كهربائية مغنطيسية

(ع)

Physicist عالم الطبيعة

Scientist عالم في العلوم

(ف)

Musical intervals فترات أو مسافات موسيقية

Hypothesis فرض

Working hypothesis

عدم فناء الطاقة

Conservation of mass — عدم فناء الكتلة

Conservation of momentum — عدم فناء كمية الحركة

Conservation of matter — عدم فناء المادة

Mechanism — عدة- جهاز- آلة

Inverse square of distance — عكس مربع المسافة

Cause and effect — العلة أو المعلول

Biology — علم الأحياء

Meteorology — علم الأرصاد الجوية

Optics — علم الضوء- البصريات

Mechanical physics — علم الطبيعة الميكانيكية

Astronomy — علم الفلك

Cosmology — علم الهيئة

(غ)

Infinitesimal — غاية في الصغر

Unstable — غير مستقر

Law of probabilities — قانون الأحتمالات

فرض صالح

Nature — الفطرة- الطبيعة

Mechanistic philosophy — الفلسفة الآلية

Orbit — فلك- مدار

Photons or light-quanta — فوتونات أو كمام الضوء

(ق)

Subjective — قائم بالنفس- نفسي

Determinate — قابل للتحديد

Determinacy — قابلية التحديد

Exclusion principle — قاعدة الأستبعاد

Principle of causation — قاعدة السببية

Uncertainty principle — قاعدة عدم التثبت

Principle of indeterminacy — قاعدة عدم قابلية التحديد

Principle of relativity — قاعدة النسبية

Universal law of gravitation — قانون الجذب العام

(ك)

Entity — كائن

Mathematical law of averages قانون المتوسطات الرياضي

Refracting power القدرة على كسر (الأشعة)

Projectile قذيفة- مقذوف

Tentacles قرون الأستشعار

Inertia القصور الذاتي

Measuring-rods قضبان القياس

Bar magnet قضيب مغنطيسي

Jerks قفزات- هزات- رعشات

Mechanical principles قواعد ميكانيكية

Universal laws قوانين عامة

Conservation laws قوانين عدم الفناء

Mathematical laws of chance قوانين المصادفة الرياضية

Rain-bow قوس قزح

Mathematical force قوة آلية

Vital force قوة حيوية

Quantum force قوى الكم

Electric force قوى كهربائية

Rest-mass كتلة السكوت

Energy-mass كتلة الطاقة

Carbon كربون

Light-quanta or photons كمام الضوء أو فوتونات

Electron كهرب- الكترون

Planet كوكب

Universe كون

Cyclie universe كون دوري

Geocentric universe كون مركزه الأرض

(م)

Continuum متصل

Space-time continuum متصل الفضاء والزمن

Magnetic field مجال مغنطيسي

Experimenter مجرب- معتبر

Milky-way المجرة

System of waves مجموعة أمواج

Fahrenheit scale مقياس فهرنهيت

English	العربية
Magnetic force	قوى مغنطيسية
Solar system	مجموعة شمسية
Planetary system	مجموعة كوكبية
Galactic system of stars	المجموعة المجرية من النجوم
Binary system	مجموعة مزدوجة أو ثنائية
Orbit	مدار – فلك
Comets	مذنبات
Rationalism	مذهب العقليين
Idealism	مذهب المثالية
Realism	المذهب الواقعي
Elasticity	مرون
Musical intervals	مسافات أو فترات موسيقية
Sounding-lead	مسار الغور ذو الرصاص
Plane	مستوى
Charged	مشحون
Transparent	مشف
Opaque	معتم
Rate	معدّل
Vacancy	مكان خال
Radio-active substances	مواد ذات نشاط إشعاعي
Wave	موجة
Circular ripple	مويجة دائرية
Wave-mechanics	الميكانيكا الموجية

(ن)

English	العربية
Binary star	نجم مزدوج أو ثنائي
Radio-activity	النشاط الإشعاعي
Free-will theory	نظرية حرية الإرادة
Theory of Evolution	نظرية التطوّر
Quantum theory	نظرية الكم
Electro-dynamical theory	النظرية الكهربائية الديناميكية
Undulatory theory	النظرية الموجية
Emergence	نفاذ – خروج
Subjective	نفسي أو قائم بالنفس
Meteor	نيزك – شهاب
Medium	وسط
Undulating medium	وسط متموج

مغنطيسية	Magnetism
مقدرة حيوية	Vital capacity
مقذوف- قذيفة	Projectile
(هـ)	
هرم ثلاثي	Tetrahedron
هزات- رعشات- قفزات	Jerks
هندسة كثيرة الأبعاد	Multi-dimensional geometry
هيليوم	Helium
(و)	
وحدات كهربائية أستاتيكية	Electrostatic units
الوزن الذري	Atomic weight
الوعي	Consciousness
(ي)	
يتقلص	Contract
يتجمع	Converge
تتعادل	Neutralize

قائمة المصطلحات العلمية

(إنجليزي - عربي)

SCIENTIFIC TERMS
(English- Arabic)

A

English	Arabic
Atom	ذرة
Atomic weight	الوزن الذري
Aberration of light	الزيغ الضوئي
Absolute motion	الحركة المطلقة
Absolute rest	السكون المطلق
Absolute speed	السرعة المطلقة
Absolute zero	الصفر المطلق
Absorption	أمتصاص
Acceleration	عجلة
Action at distance	التأثير عن بعد
Alfa particle	جسيم ألفا
Angle of reflection	زاوية الإنعكاس
Angle of incidence	زاوية السقوط
Applied mathematics	الرياضة التطبيقية
Astronomy	علم الفلك
Comets	مذنبات
Concentric rings	حلقات متحدة المركز

B

English	Arabic
Bar magnet	قضيب مغنطيسي
Beam of light	حزمة ضوئية
Binary system	مجموعة مزدوجة أو ثنائية
Binary star	نجم مزدوج أو ثنائي
Biology	علم الأحياء

C

English	Arabic
Carbon	كربون
Cause and effect	العلة أو المعلول
Cell	خلية
Charged	مشحون
Circular motion	حركة دائرية
Circular ripple	مويجة دائرية
Cohesion	تماسك

D

English	Arabic
Determinacy	قابلية التحديد

English	Arabic
Consciousness	الوعي
Conservation laws	قوانين عدم الفناء
Conservation of energy	عدم فناء الطاقة
Conservation of mass	عدم فناء الكتلة
Conservation of matter	عدم فناء المادة
Conservation of momentum	عدم فناء كمية الحركة
Constant of integration in a differential equation	ثابت التكامل في معادلة تفاضلية
Contract	يتقلص
Continuum	متصل
Converge	يتجمع
Corpuscular theory of light	نظرية الدقائق في الضوء
Cosmic radiation	إشعاع كوني
Cosmology	علم الهيئة
Curvature	تقوّس- إنحناء
Cyclic universe	الكون الدوري
Cyclone	دزامة

F

English	Arabic
Fahrenheit scale	مقياس فهرنهيت
Filament	خيط- سلك
Determinate	قابل للتحديد
Determinism	الجبرية
Diffractive rings	حلقات الحيود
Discontinuity	عدم الأتصال- الأنفصال
Dodecahedron	ذو الأثنى عشر وجها
Duality	ثنائية

E

English	Arabic
Elasticity	مرونة
Electric forces	قوى كهربائية
Electro dynamical theory	نظرية الكهربائية الديناميكية
Electromagnetic phenomena	ظواهر كهربائية مغنطيسية
Electron	الكترون- كهرب
Electrostatic units	وحدات كهربائية أستاتيكية
Emergence	نفاذ- خروج
Emission	إنبعاث
Energy	طاقة
Energy- mass	كتلة الطاقة
Entropy	درجة التعادل
Ether	أثير
Exclusion principle	قاعدة الأستبعاد

دقيق

Free- will theory نظرية حرية الإرادة

Frost صقيع

G

Galactic system of stars المجموعة المجرية من النجوم

Geocentric universe كون مركزه الأرض

Gravitation الجاذبية

Gamma-radiation أشعة جامات

H

Helium هليوم

Hydraulics الأيدروليكا أو دراسة السوائل المتحركة

Hydrogen أيدروجين

Hypothesis فرض

M

Magnetic field مجال مغنطيسي

Magnetic force قوى مغنطيسية

Magnetic poles أقطاب مغنطيسية

Magnetism مغنطيسية

Mathematical physics الطبيعيات الرياضية

Mathematical law of averages

Experimenter مجرب- معتبر

Idealism مذهب المثالية

Inertia القصور الذاتي

Infinitesimal غاية في الصغر

Infra-red radiation إشعاع ما دون الأحمر

Interference التداخل

Inverse square of distance عكس مربع المسافة

J

Jerks هزات- رعشات- قفزات

L

Large-scale phenomena ظواهر كبيرة المقياس

Law of probabilities قارن الأحتمالات

Light-quanta or photons كمام الضوء أو فوتونات

Lines of force خطوط القوّة

Luminiferous حامل الضوء

N

Nature الطبيعة- الفطرة

Nebula سديم

Neutralise يتعادل

Nitrogen الأوزت

قانون المتوسطات الرياضي

Mathematical laws of chance قوانين المصادفة الرياضية

Measuring rods قضبان القياس

Mechanical device أداة آلية

Mechanical energy طاقة آلية

Mechanical force قوّة آلية

Mechanical principles قواعد ميكانيكية

Mechanical physics علم الطبيعة الميكانيكية

Mechanism جهاز– عدة– آلة

Mechanistic philosophy الفلسفة الآلية

Medium وسط

Meteor نيزك– شهاب

Meteorology علم الأرصاد الجوية

Meteorite حجر نيزكي

Milky-way المجرة

Molecules جزيئات

Monads ذرات روحية

Mountain glaciers أنهار الجليد الجبلية

Multi-dimensional geometry هندسة كثيرة الأبعاد

Musical intervals فترات أو مسافات موسيقية

o

Objective reality حقيقة موضوعية

Octahedron ذو الثمانية الأوجه

Octopus أخطبوط

Opaque معتم

Optics البصريات– علم الضوء

Orbit مدار– فلك

Oxygen أوكسجين

p

Particle جسيم

Penetration نفاذ

Perfectly elastic تام المرونة

Phenomenon ظاهرة

Photons or light-quanta فوتونات أو كمام الضوء

Physicist عالم الطبيعة

Pitch of sound طبقة الصوت

Plane مستوى

Planet كوكب

Planetary system مجموعة كوكبية

Potential radiation

أشعاع كامن

Pressure ضغط

Principle of Causation قاعدة السببية

Principle of indeterminacy قاعدة عدم قابلية التحديد

Principle of relativity قاعدة النسبية

Projectile مقذوف- قذيفة

Propagation أنتشار

Proton بروتون

S

Scientist عالم في العلوم

Shooting star شهاب- نجم هاو- نيزك

Simple organisms أحياء أولية

Small-scale phenomena ظواهر صغيرة المقياس

Solar system مجموعة شمسية

sound صوت

Sounding-lead مسار الغور ذو الرصاص

Space-time continuum متصل الفضاء والزمن

Spectrum طيف

Spectral lincs خطوط طيفية

Q

Quantum forces قوى الكم

Quantum theory نظرية الكم

R

Radiation أشعاع

Radio-active Substances مواد ذات نشاط أشعاعي

Radio-activity النشاط الإشعاعي

Radium الراديو

Rain-bow قوس قزح

Rate معدّل

Rationalism مذهب العقليين

Reaction رد فعل

Real حقيق

Realism المذهب الواقعي

Reality حقيقة

Reflection إنعكاس

Refracting power القدرة على كسر (الأشعة)

Refraction إنكسار أو أنعطاف

Reproduction تكاثر

Repulsion تنافر
Rest-mass كتلة السكون
Ripples مويجات

T

Tension توتر
Tentacles قرون الأستشعار
Tetrahedron هرم ثلاثي
Theory of Evolution نظرية التطوّر
Thermo-dynamics الديناميكا الحرارية
Tides حركات المد والجزر
Transformation تحول- تحويل
Total energy الطاقة الكلية
Transparent مشف

V

Vacancy مكان خال
Vertical-line الخط الرأسي
Vibration تذبذب- ذبذبة- أهتزاز
Vital capacity مقدرة حيوية
Vital force قوة حيوية

W

Wave موجة

Spiral nebulae سدم لولبية
Spontaneous disintegration تفكك تلقائي
Standard of absolute rest أصل لقياس السكون المطلق
Standard of reference أصل للقياس ينسب إليه
State of strain حالة أنفعال
Steady speed سرعة منتظمة
Subjective نفسي أو قائم بالنفس
System of waves مجموعة أمواج

U

Ultra-violet radiation أشعاع ما فوق البنفسجي
Uncertainty principle قاعدة عدم التثبت
Undulating medium وسط متموج
Undulatory theory النظرية الموجية
Uniformity أنتظام
Universe الكون
Universal laws قوانين عامة
Universal law of gravitation قانون الجذب العام
Unstable غير مستقر

X

Xenon الزيتون
x-radiation إشعاع سيني

Wave-length	الطول الموجي
Wave-mechanics	الميكانيكا الموجية
Wave motion	حركة موجية
Working hypothesis	فرض صالح
World-line	خط الوجود

الفهرس